ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 MARS 1952.

PRÉSIDENCE DE M. ALBERT CAQUOT.



MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **Allyrio de Mattos**, Membre de l'Académie brésilienne des sciences, **Millán**, de l'Institut national technique de Madrid, qui assistent à la séance.

M. **André Danjon** informe l'Académie que, aux termes d'une lettre qu'il a reçue de M. **Bernard Lyot**, celui-ci a pu observer l'éclipse totale de Soleil du 25 février, à Khartoum, dans de très bonnes conditions atmosphériques. La couronne était très étendue, avec de belles aigrettes polaires. M. Lyot a pu photographier de nombreuses raies coronales, en majorité inconnues.

NOMBRES TRANSFINIS. — *La définition d'un nombre ordinal non préconçu.* Note de M. **Arnaud Denjoy**.

Suite de l'analyse, commencée dans les Notes des 18 et 25 février 1952 (1), des principaux résultats prochainement publiés au Livre II de l'Ouvrage l'« Énumération transfinie ». La théorie des permutations spéciales de la suite normale des entiers positifs, le rattachement de ces permutations aux familles de suites finies d'entiers positifs, permet de définir parfaitement un type de bonne ordination dont le rang α est pratiquement impossible à prévoir ni à découvrir.

III. N. Lusin jugeait impossible (I, 165) de constater qu'un ensemble fût à la fois bien ordonné et dénombrable si l'on n'a pas la conception préalable du nombre transfini α caractérisant le type τ_α de l'ensemble (I, 165). Nous nous proposons au contraire de définir avec précision un nombre α dont on ne semble pas pouvoir découvrir la valeur ni même sa limitation supérieure.

(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 770 et 906. Les références chiffrées indiquent les pages de l'Ouvrage (numération continue du Livre I au Livre II).

Pour cela nous construisons une famille majeure H de suites finies d'entiers positifs, présentant le caractère (B′) (291) [toute succession indéfinie $\zeta = (x_1, x_2, \ldots)$ commence par une suite $\zeta_q = (x_1, \ldots, x_q)$ de H], donc bien ordonnée d'un certain type τ_β quand les suites de H sont ordonnées entre elles alphabétiquement (par rapport à la croissance des arguments) et de façon que β ne soit ni évaluable ni bornable. La permutation P′(H) de la suite normale (N) des entiers positifs sera du type τ_α, avec $\alpha = \beta \times \omega$ lui-même entièrement inconnu.

D'abord, par quel procédé obtenir des familles majeures H très générales ?

L'ensemble $\mathcal{E}$ des suites finies d'entiers positifs $\Sigma = (k_1, \ldots, k_q)$ est dénombrable. On peut le bien ordonner en une succession (Γ) d'un type quelconque $\tau_\lambda (\omega \leqq \lambda < \Omega)$ en $S_1, S_2, \ldots, S_\nu, \ldots (\nu < \lambda)$.

On énumère $\mathcal{E}$ en une succession (Π) de type τ_ω en ordonnant alphabétiquement les suites $(q + k_1 + \ldots + k_q, q, \Sigma)$; Σ devient $\Sigma_r (1 \leqq r < \omega)$. On a une énumération ($\Pi_1$) au type $\tau(\omega^\omega)$ de $\mathcal{E}$ par l'ordination alphabétique des suites (q, Σ) (328).

On substitue à (Π_1) ou à une autre substitution (Γ_i) du type $\tau(\omega^\omega)$ une énumération ordinalement semblable, par une permutation élémentaire. La suivante (362), $P(\xi)$, bouleversera inconcevablement la succession des Σ dans (Π_1) ou (Γ_i); ξ est un nombre irrationnel $(0 < \xi < 1)$; 10_p signifiant 10 élevé à une puissance dont l'exposant est une superposition de $(p-1)$ chiffres 10, soient : $s(1) = 1$, $s(m) = 10_{Q_m} (m \geqq 2)$ si P_m/Q_m est la $m^{\text{ième}}$ réduite de ξ développé en fraction continue, $s(x)$ linéaire sur le segment $m \leqq x \leqq m+1$ [cette fonction est préférable à celle du texte vérifiant $s(x+1) = 10^{s(x)}$]; $\sigma(x)$ la fonction inverse de $s(x)$; $\omega(r) = \omega_1(r) + \omega_2(r)$, avec $\omega_1(r) = \sigma(r) \sin^{-2r} \pi r \xi$; $\omega_2(r) = 100/r$; r' le rang de r dans l'ensemble des $\omega(r)$ ordonnés par grandeurs croissantes s; $\Gamma(\xi)$ obtenu en remplaçant dans (Π_1) ou (Γ_i) $\Sigma_{r'}$ par Σ_r [opération-produit par la permutation élémentaire $P(\xi)$]. Même pour des irrationnelles simples, la place d'une suite déterminée Σ dans $\Gamma(\xi)$ semble pratiquement impossible à trouver.

Dans l'énumération (Γ) de $\mathcal{E}$ au type τ_λ : une suite S_p est dite de la *première sorte* si elle est disjointe ou divergente de toute suite S_n antérieure $(n < p)$. La famille $J = J(\Gamma)$ *des suites* de la première sorte S_p *est la famille majeure fournie par l'énumération* (Γ). Les suites S_q de $G(J) - J$, commencent une suite S_p (avec $q < p$) et sont dites de la *seconde sorte* (329-335). Les suites divergentes ou disjointes de toute suite S_p seront de la *troisième sorte*. Les suites commençant par une suite S_p seront de la *quatrième sorte* (336). Les suites S_n jointes à S_m et de rang $n < m$ remplissent des conditions variables avec la sorte caractérisant S_m (335-340).

$p, n, q, m, \ldots$ sont des nombres ordinaux finis ou transfinis.

Nous disons que deux suites S, S′ sont *en rapport d'élongation* si l'une des deux commence l'autre, *disjointes* si leur premier terme diffère, *divergentes* si leur premier terme est le même sans qu'elles soient en rapport d'élongation (261).

La famille majeure J(Γ) remplit cette *condition* (D′) : Quel que soit l'entier positif k, J(Γ) contient une suite commençant par k. Évidemment (B′) implique (D′).

Réciproquement, pour toute famille majeure donnée H vérifiant la condition (D′) [et *a fortiori* si H vérifie (B′)] et quel que soit $\lambda \geq \omega \times 2$, $\mathcal{E}$ admet une énumération (Γ) bien ordonnée du type τ_λ, telle que $H = J(\Gamma)$ (340-344).

Dès lors rien ne nous prouve que $\Gamma(\xi)$ ne nous donne pas une famille $J = J[\Gamma(\xi)]$ vérifiant la condition (B′) et définissant une permutation $P'(J)$ dont le type τ_α est d'un rang α supérieur à toute limitation présumée et, en tout cas, parfaitement inconnaissable.

La famille progressive G vérifie (D) quand toute suite d'un terme (k) est dans G. Entre la condition très peu restrictive (D) et la condition (B), impliquant (D), nous intercalons (324) cette condition (C) [qui devient (C′) pour H majeure quand G(H) vérifie (C)] :

Toute suite indéfinie $\zeta = (\varkappa_1, \varkappa_2, \ldots)$ (de type τ_ω) possède une suite commençante *majeure* $\zeta_q = (\varkappa_1, \ldots, \varkappa_q)$ appartenant à G [ζ_q peut être ouverte dans G, sans quoi (C) ne différerait pas de (B)].

Les conditions (B′) (C′) (D′) sont indépendantes de toute idée d'ordination des suites composant la famille majeure H.

Une famille J (Γ) peut ne pas vérifier (C′) (349-353). Par des interversions opérées entre des suites S_m de la seconde sorte et l'une des suites de la première sorte S_j commencées par S_m, on substitue à (Γ) une énumération (Γ′) telle que J(Γ′) vérifie (C′) (344-349 et 353-359). Ces modifications peuvent être repoussées aussi loin qu'on le veut [à la mesure de la fonction $s(x)$ (363)]. La notion de *suites ramifiées* (c'est-à-dire commençant au moins deux suites) d'une famille progressive joue un rôle essentiel dans ces substitutions (347-349).

Ayant enfin une famille $J = J(\Gamma')$ vérifiant la condition (C′), de $G = G(J)$ vérifiant (C) nous déduisons ainsi une famille progressive I vérifiant (B) [et H(I) vérifiera (B′)] :

Si $S = (k_1, \ldots, k_p)$ est *close* dans G, nous adjoignons à S une famille de suites $g(S)$ progressive et vérifiant (B), et nous formons la famille $\lambda(S) = [S, g(S)]$. Si Σ est *ouverte* dans G, nous lui adjoignons une famille $g'(\Sigma)$ obtenue en retranchant d'une famille progressive $g(\Sigma)$ présentant le caractère (B) toutes les suites commençant par un entier k tel que (Σ, k) soit dans G et nous formons $\lambda'(\Sigma) = [\Sigma, g'(\Sigma)]$.

Dès lors la famille progressive $I = G + \sum \lambda(S) + \sum \lambda'(\Sigma)$ vérifie la condition (B) (316-328),

$$H = H(I) = \sum [S, h(S)] + \sum [\Sigma, h'(\Sigma)],$$

avec $h(S) = H[g(S)]$, $h'(\Sigma) = H[g'(\Sigma)]$, vérifie (B′); H ordonné alphabétiquement est bien ordonné et la permutation $P'(H)$ (232) est spéciale.

Comment, connaissant J(Γ′) obtenir H, c'est-à-dire comment définir les familles $h(S)$, $h(\Sigma)$ (359-362) ?

Dans (Γ′) les suites composant J(Γ′) se présentent en succession bien

ordonnée (sans rapport évident avec l'ordination alphabétique) d'un type τ_δ [$\delta \leq \lambda$, τ_λ étant le type de (Γ)]; S ou Σ se présente dans J(Γ') en un certain rang θ. La famille correspondante h(S) ou $h(\Sigma)$ notée h_θ se définira d'après les familles $h_{\theta'}$ supposées connues pour $\theta' < \theta$.

En combinant les suites d'une famille majeure H_0 donnée, vérifiant (B') et énumérée au type τ_μ, on peut obtenir une famille bien ordonnée au type $\tau(\mu^{\omega^\mu})$ et vérifiant elle aussi (B') (312-316). L'application de cette méthode aux $h_{\theta-1}$ si θ est de première espèce, et de faciles conventions pour θ de seconde espèce, permettront d'aboutir à H dont les suites se trouveront énumérées en un type τ_ν aisément bornable connaissant le type τ_λ de (Γ) [avec $\Gamma(\xi)$, $\lambda = \omega^\omega$]. Mais, ordonné alphabétiquement, H sera d'un type $\tau_{\nu'}$ sans relation avec ν. Et la distribution des suites dans $\Gamma(\xi)$ étant indéchiffrable, le type τ_α de P'(H) est à la fois non préconçu et inconnaissable, quoique parfaitement défini.

RELATIVITÉ. — *Astronautique et relativité. A l'assaut de l'espace temps.* Note de M. **Charles Mauguin**.

Paul Langevin ([1]) a le premier attiré l'attention sur certain aspect paradoxal du temps propre dans un mouvement comportant des accélérations.

Jean Perrin ([2]) a insisté sur les possibilités d'exploration de l'Univers que les découvertes d'Einstein offrent à l'audace des hommes.

On analyse ici un cas simple où ce paradoxe et ces possibilités se manifestent d'une façon particulièrement frappante.

Pour maintenir dans les conditions physiologiques les plus favorables les voyageurs qui désirent explorer l'Univers selon le rêve de Jean Perrin ([2]), nous les placerons dans un engin (astronef) oxygéné, climatisé, ..., capable de progresser avec une *accélération constante* voisine de l'accélération de la pesanteur à la surface de la Terre. D'après le principe d'équivalence d'Einstein, nos voyageurs (astronautes) continueront à vivre à bord de l'engin dans le champ gravitant auquel leur organisme était adapté sur la Terre.

Il convient de préciser ce que nous entendons par cette accélération constante. Rapporté à un référentiel galiléen $\mathcal{R}$ dans lequel la Terre et nos voyageurs étaient sans vitesse à l'instant du départ, le déplacement de l'astronef est défini par l'expression de ses coordonnées x^1, x^2, x^3 en fonction de t. Pour l'application des principes de relativité qui vont jouer ici un rôle essentiel, nous introduirons une quatrième coordonnée x^4 pour le temps et poserons

$$x^1 = x, \qquad x^2 = y, \qquad x^3 = z, \qquad x^4 = ict$$

(1) *Œuvres scientifiques*, publiées par le C. N. R. S., p 453.

(2) *A la surface des choses*, III. *La Relativité*.

x^1, x^2, x^3 fonctions de x^4 définissent une courbe de l'espace-temps, la *trajectoire d'univers* du mobile.

Soient $P(x^1, x^2, x^3, x^4)$, $Q(x^1 + dx^1, \ldots)$ deux points infiniment voisins sur cette trajectoire. Ils définissent un quadrivecteur $d\vec{\sigma}$ dont les composantes dépendent du référentiel auquel on les rapporte mais dont le module carré

$$|d\vec{\sigma}|^2 = (dx^1)^2 + (dx^2)^2 + (dx^3)^2 + (dx^4)^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 - c^2\,dt^2$$

a la même valeur dans tous les référentiels galiléens.

On sait quelle est la signification de cet invariant fondamental.

L'intégrale $\tau = \int_0^P \sqrt{-(1/c^2)\,d\tau^2}$ est le *temps propre* des astronautes, durée du parcours depuis le départ jusqu'au point P lue sur les horloges participant au mouvement de l'astronef. En réalité l'élément de temps propre $d\tau$ n'est pas rigoureusement celui qui est lu sur ces horloges, mais celui que mesureraient les observateurs d'un référentiel galiléen $\mathcal{R}'$ dans lequel l'astronef est sans vitesse à l'instant de la mesure. Les horloges de l'astronef sont soumises à l'action d'un champ gravitant qui n'existe pas dans $\mathcal{R}'$. Mais cette action est négligeable pour un champ de l'ordre de grandeur du champ terrestre.

Supposant maintenant x, y, z, t exprimés en fonction de τ, on peut définir deux quadrivecteurs $d\vec{\sigma}/d\tau$ et $d\vec{\sigma}^2/d\tau^2$. Le premier souvent appelé *quadrivitesse*, tangent à la trajectoire d'univers (vecteur de temps pur dans $\mathcal{R}'$) a son module carré égal à $-c^2$. Le second normal à la trajectoire d'univers (pur vecteur d'espace dans $\mathcal{R}'$) n'est autre que l'accélération de l'astronef telle que la mesureraient les observateurs de $\mathcal{R}'$. On peut l'appeler *l'accélération propre* de l'astronef. C'est elle que nous supposons de grandeur constante γ.

Les modules de ces vecteurs vérifient les égalités

$$\left|\frac{d\vec{\sigma}}{d\tau}\right|^2 = -c^2, \qquad \left|\frac{d^2\vec{\sigma}}{d\tau^2}\right|^2 = \gamma^2$$

valables dans tous les référentiels galiléens.

Considérons le cas simple d'un mouvement rectiligne ($y = 0$, $z = 0$). Nos égalités deviennent

$$\left|\frac{d\vec{\sigma}}{dt}\right|^2 = \left(\frac{dx^1}{d\tau}\right)^2 + \left(\frac{dx^4}{d\tau}\right)^2 = \left(\frac{dx}{d\tau}\right)^2 - c^2\left(\frac{dt}{d\tau}\right)^2 = -c^2,$$

$$\left|\frac{d^2\vec{\sigma}}{d\tau^2}\right|^2 = \left(\frac{d^2x^1}{d\tau^2}\right)^2 + \left(\frac{d^2x^4}{d\tau^2}\right)^2 = \left(\frac{d^2x}{d\tau^2}\right)^2 - c^2\left(\frac{d^2t}{d\tau^2}\right)^2 = \gamma^2.$$

Ces équations s'intègrent par les expressions suivantes :

$$x = \frac{c^2}{\gamma}\left(\cosh\frac{\gamma}{c}\tau - 1\right), \qquad t = \frac{c}{\gamma}\sinh\frac{\gamma}{c}\tau$$

x, t, longueur et durée du parcours mesurés dans le référentiel fixe $\mathcal{R}$,
τ, γ, temps propre, accélération propre de l'astronef.

Nous supposons γ voisin de l'accélération de la pesanteur à la surface du sol. Prenons-le égal à 950 cm : sec², nous aurons

$$\frac{c}{\gamma} = \text{une année } (3,15 \times 10^7 \text{ sec}), \qquad \frac{c^2}{\gamma} = \text{une année lumière } (9,45 \times 10^{17} \text{ cm})$$

et nos formules s'écriront très simplement

$$x^\star = \cosh \tau^\star - 1, \qquad t^\star = \sinh \tau^\star$$

où les temps $t^\star$ et $\tau^\star$ sont exprimés en années, le parcours $x^\star$ en années-lumière. On peut établir le tableau suivant :

$\tau^\star$......	1	1,3	2,5	3,1	5,3	7,6	9,9	12,2	14,5	16,8	19,1	21,4
$x^\star$.....	0,5	1	5	10	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6	10^7	10^8	10^9

$\tau^\star$, durée du voyage en années (temps propre des astronautes).
$x^\star$, chemin parcouru en années-lumière (mesuré dans le référentiel fixe).

Ainsi, les astronautes devront voyager environ deux années et demie pour atteindre un point éloigné de 5 années-lumière, ce qui est approximativement la distance aux étoiles les plus proches du Soleil. En 12 années, ils auront parcouru un chemin comparable au diamètre de notre galaxie, 100 000 années-lumière. Après 20 à 22 ans, ils auront rejoint les nébuleuses les plus lointaines, 1 milliard d'années-lumière.

S'ils ont le désir d'accoster sur une planète lointaine supposée immobile à la distance $2a$ dans le référentiel fixe $\mathcal{R}$, il leur faudra renverser le sens de l'accélération à l'instant τ_a où ils auront parcouru le chemin a, et freiner ainsi leur mouvement pendant un temps égal à τ_a sur un parcours égal à a, ce qui leur permettra d'arriver sans vitesse sur la planète envisagée.

Il va de soi que l'engin ainsi freiné ira beaucoup moins loin que si l'accélération avait gardé une direction constante pendant la durée totale $2\tau_a$ du parcours. Les différences sont énormes, 22 000 années-lumière en 20 ans au lieu de 240 millions.

Le freinage nécessaire sera moindre s'il s'agit d'accoster sur une planète d'une des lointaines nébuleuses qui s'éloignent de nous avec des vitesses qui sont déjà des fractions importantes de la vitesse de la lumière (univers en expansion).

Ayant ainsi, après 20 années de voyage, accosté sans vitesse sur une planète éloignée de 2 000 années-lumière, les astronautes pourront revenir sur la Terre par un voyage de même durée. Pendant les 40 années de leur temps propre, le temps écoulé dans le référentiel fixe sera égal à

$$t^\star = 4 \sinh 10 \approx 44\,000 \text{ ans}$$

($t_a^\star = \sinh 10$ est le temps écoulé pendant la moitié de chacun des deux voyages aller et retour).

Ainsi les astronautes dont l'âge se sera accru de 40 ans au cours de leur immense randonnée trouveront à leur retour notre planète plus vieille de 44 000 ans. Les civilisations auront eu le temps d'évoluer.

Après un voyage aller et retour de 80 ans qui les aurait amenés jusqu'à 500 millions d'années-lumière, ils trouveraient la Terre vieillie de $t^\star = 4 \sinh 20 = 1$ milliard d'années, durée de l'ordre des périodes géologiques. Le paradoxe de Langevin atteint ici à l'extravagance.

Ainsi, un engin auquel on saurait communiquer pendant plusieurs années consécutives une accélération voisine de celle du champ gravitant dans lequel nous sommes habitués à vivre, permettrait les explorations fantastiques de l'espace et du temps dont les principes dus au génie d'Einstein nous autorisent à affirmer la possibilité.

La difficulté n'est pas de donner à l'engin une accélération de l'ordre envisagé, mais de réaliser un dispositif de fusée capable de maintenir cette accélération pendant des années, ce qui paraît très au delà de nos moyens techniques actuels. Peut-être y parviendrait-on si l'on savait libérer l'énergie totale contenue dans la matière, non seulement l'énergie de liaison de certains nucléons, mais l'énergie des nucléons eux-mêmes.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur la réduction cathodique de l'oxyde de cuivre.*

Note (*) de MM. **Pierre Jolibois** et **André Sancelme**.

La réduction par voie électrolytique des composés minéraux insolubles a été l'objet jusqu'ici d'un nombre assez limité de travaux. Bien que le phénomène ait été signalé dès 1846 par Becquerel [1], il semble que seul Fischbeck [2] dans une série de travaux exécutés entre 1925 et 1928 en ait reconnu l'importance.

Nous avons à plusieurs reprises [3] insisté sur la réduction des oxydes. En effet, les vues que l'un de nous a développées sur l'électrolyse reposent partiellement sur l'apparition des métaux à la cathode grâce à la réduction de l'oxyde par l'hydrogène atomique.

Le but de cette étude est de montrer avec quelle facilité des oxydes, même calcinés préalablement, peuvent être réduits dès la température ordinaire.

(*) Séance du 25 février 1952.

(1) *Comptes rendus*, 22, 1846, p. 781.

(2) *Z. Anorg. Chem.*, 148, 1925, p. 97-129; 167, 1927, p. 21-39; 175, 1928; p. 341-342.

(3) P. Jolibois, *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 981; P. Jolibois et Nicol, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 225.

L'appareillage que nous avons utilisé consiste essentiellement en une cathode de platine formant le fond d'un vase en verre. Elle est surmontée par l'électrolyte et l'on introduit à sa surface l'oxyde à réduire. Une cloche à gaz recouvrant l'ensemble permet de recueillir et de mesurer l'hydrogène non utilisé par la réaction et de déduire le rendement faradique connaissant le nombre de coulombs qui ont traversé le dispositif.

Les expériences exécutées avec l'oxyde de cuivre nous ont amenés à faire les constatations suivantes :

1° En milieu sulfurique 0,5 N, où l'oxyde CuO calciné est pratiquement insoluble à froid, le rendement faradique est égal à 1 jusqu'à réduction complète de l'oxyde en cuivre métallique. L'oxyde se réduit sans que la forme extérieure des grains se modifie. La réduction progresse à l'intérieur de chaque grain en s'éloignant de la cathode.

2° Lorsque le milieu est moins acide (0,1 N par exemple), on obtient un mélange de cuivre et d'oxyde cuivreux qui finit par disparaître à la longue avec un mauvais rendement faradique.

La réduction de l'oxyde Cu_2O pur se produit avec un rendement faradique qui passe par un maximum égal à 0,95 vers le premier dixième de l'opération. La réduction totale est lente et n'est atteinte qu'avec un rendement faradique inférieur à 0,5.

3° L'hydroxyde vert de formule $Cu(OH)_2$ se réduit avec un très mauvais rendement (en milieu alcalin évidemment).

4° L'oxyde noir de formule approximative $4\,CuOH_2O$ se réduit avec un rendement de l'ordre de 0,75.

5° En milieu alcalin 0,5 N, le rendement de la réduction de CuO calciné est de l'ordre de 0,75. Cette baisse de réduction est due à la formation transitoire de Cu_2O visible au microscope en interrompant l'expérience avant son terme.

Structure des métaux réduits électrolytiquement. — Nous avons examiné par spectrographie aux rayons X les dépôts d'oxyde CuO réduits à basse température et nous avons constaté sur ceux-ci la permanence des raies de l'oxyde de cuivre CuO bien que nous ayions vérifié que la réduction était complète.

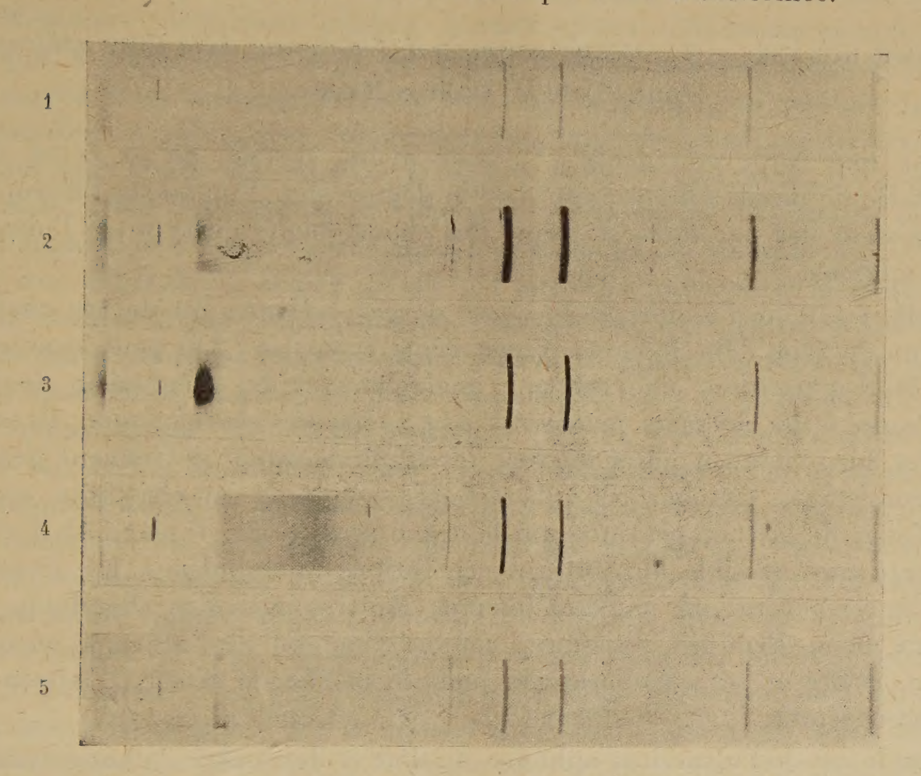
Par comparaison avec des clichés de mélanges synthétiques de cuivre et d'oxyde de cuivre nous avons pu fixer approximativement à 10 % la teneur en réseau d'oxyde de cuivre du cuivre pur ainsi obtenu.

En enfermant le cuivre réduit présentant les raies de l'oxyde dans des ampoules scellées et vides de gaz et en effectuant un recuit de 48 h dans une étuve chauffée à 215°, on obtient un spectre complètement exempt des raies de l'oxyde.

Les raies de cuivre recuit, beaucoup plus fines, indiquent que le réseau cristallin a cessé d'être distordu. D'autre part, le produit qui avait une

couleur brun rouge est devenu rouge brique caractéristique du cuivre réduit à haute température.

Il faut retenir de ceci qu'une partie du cuivre ainsi obtenu constitue une variété allotropique artificielle et instable du cuivre dont le réseau cristallin est resté celui de la substance qui a été transformée.



Spectres de rayons X *de quelques échantillons.* (Clichés de monochromateur avec la raie K_α du Cuivre.)

1. Mélange synthétique Cu + 10 % CuO purs.
2. CuO réduit cathodiquement en cuivre.
3. Cuivre réduit (échantillons 2 et 4) recuit sous vide à 215°.
4. Cuivre déposé électrolytiquement sous 10 A : cm².
5. Mélange synthétique Cu + 10 Cu_2O purs.

Une expérience complémentaire milite en faveur de la théorie de l'électrolyse présentée par l'un de nous.

Lorsqu'on électrolyse avec une forte densité de courant à basse température (4°) du sulfate de cuivre (en solution M), le métal obtenu (4), quoique pur à l'analyse chimique, présente, outre les raies du cuivre, les raies les plus importantes de l'oxydule de cuivre. Ceci est un argument en faveur d'un stade intermédiaire oxygéné préalable au dépôt de métal. Comme dans le cas précédent, ces raies disparaissent par un recuit dans le vide.

---

(4) Ce métal obtenu était non adhérent et de couleur brun foncé.

En résumé, nous avons, au cours d'une étude relative à la réduction électrolytique des oxydes de cuivre, mis en évidence l'existence de deux variétés cristallines nouvelles du cuivre, l'une ayant la structure de l'oxyde CuO, l'autre ayant celle de l'oxyde Cu_2O.

ÉCONOMIE RURALE. — *A propos des variantes de l'ultravirus de la fièvre aphteuse.* Note (*) de M. **Gaston Ramon.**

Dans une Note précédente ([1]) nous avons signalé qu'au cours de l'épizootie de fièvre aphteuse qui déferle depuis plus d'un an sur l'Europe, apparaissent des variantes et même des changements de type de l'ultravirus aphteux.

Quelle est donc l'origine et la cause de ces *variantes* ou de ces changements de type dans le cours d'une même épizootie ? On peut trouver, dans leur apparition, une certaine analogie avec le phénomène de la « *résistance* » *des microbes pathogènes aux substances antibiotiques.* Il est, en effet, bien connu maintenant que des staphylocoques deviennent pénicillino-résistants, des bacilles tuberculeux, streptomycino-résistants, etc., sous l'effet de la thérapeutique antibiotique appropriée. Il s'agit là d'une propriété transmissible aux futures générations microbiennes, les germes issus de ces générations pouvant infecter d'autres individus chez lesquels ils sont alors, d'emblée, résistants, comme viennent de l'affirmer encore Robert Debré et ses collaborateurs pour le bacille de Koch ([2]) streptomycino-résistant.

Dans le cas de l'ultravirus aphteux, on doit se demander si chez certains animaux qui sont dans des conditions spéciales du fait de la maladie, par exemple chez ceux qui sont incomplètement immunisés par la maladie elle-même ou par la vaccination, cet ultravirus ne subit pas, tout comme les bactéries pathogènes chez les malades traités par les antibiotiques, des modifications lui conférant des caractères nouveaux qui le différencient plus ou moins profondément du type auquel il appartient, d'où résulteraient les changements ou les variantes de type constatés. Ce qui corrobore cette hypothèse ce sont les faits acquis depuis peu concernant d'autres ultravirus, par exemple celui de la grippe. Il a été constaté, tout dernièrement, par Archetti et Horsfall, que l'on peut obtenir des variantes antigéniques de souches de virus de la grippe du type A, par des séries de passages *in ovo*, chez l'embryon de Poulet, en présence d'immunsérum de

(*) Séance du 25 février 1952.

([1]) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 777.

([2]) *Bull. et Mém. de la Soc. Méd. des Hôpitaux*, 1952 (sous presse).

spécificité différente [3]. Antérieurement, Taylor et d'autres auteurs [4] avaient signalé que chez des individus à passé pathologique différent ou dont l'immunité diffère dans sa spécificité ou dans son degré et qui sont infectés par un même type de l'ultravirus grippal, des souches à caractères antigéniques nouveaux peuvent prendre naissance. Dans une série de Mémoires récemment publiés, Burnet et ses collaborateurs ont montré que, à partir de cerveaux de Souris inoculés par voie intracérébrale, au moyen d'un mélange de deux virus de la grippe, on pouvait isoler un troisième type de virus qui présente des caractères semblant dériver à la fois des deux types originaux [5]. D'ailleurs, Buhl [6], constatant il y a quelques mois, dans une région d'Allemagne où sévissait l'épizootie aphteuse, l'apparition brusque d'une nouvelle variante, la variante A^5 de l'ultravirus aphteux [7], estime qu'elle n'a pas été « importée », mais qu'elle est le résultat d'une transformation « autochtone », « spontanée » d'un type de virus en cause dans la même région. L'expérience démontre, toujours d'après Buhl, que l'agent de la fièvre aphteuse a la particularité, spécialement lorsque la maladie provoquée par un type donné d'ultravirus est à son déclin, de se transformer en une variante ou en un type divergent, favorisant ainsi la persistance du virus. D'un autre côté, Demnitz [8] a fait connaître, fin août dernier, que chez un animal de l'espèce bovine qui, expérimentalement, avait reçu de nombreuses injections d'ultravirus O, un aphte lingual apparut, d'où l'on retira un ultravirus ayant tous les caractères du type C, cet animal présenta alors une infection généralisée et contamina deux autres bovidés qui avaient également reçu auparavant comme le premier, des injections de virus O; chez ces deux animaux, l'infection à virus C resta localisée aux lèvres et aux gencives.

Ainsi, de même que certaines bactéries pathogènes deviennent, grâce à un phénomène biologique d'autodéfense, résistantes aux antibiotiques,

---

(3) I. Archetti et F.L. Horsfall Jr., *Rendicondi Istituto Superiore di Sanita*, n° 9, 1951, p. 909.

(4) R. M. Taylor, *Am. Journ. Publ. Health*, 39, 1949, p. 371. *Voir* également les travaux de F.M. Burnet et D.R. Bull, *Australian J. Exp. Biol. and Med. Sc.*, 22, 1944, p. 173; T. Francis Jr., *Proc. Soc. Exp. Biol. and Med.*, 3, 1947, 143.

(5) *Voir* F. M. Burnet et Margaret Edney, *The Australian Journ. of Exp. Biol. and Medical Science*, 9, 1951, p. 353.

(6) Buhl, cité par G. Flückiger, *Bull. Off. Internat. des Epizooties*, 35, 1951, p. 719.

(7) Apparition survenant après celles de la variante A^4, du type C, du type O du virus aphteux, etc., des constatations similaires ont été faites en France (*voir* par exemple : H. Girard et C. Mackowiak, *Bull. Off. Internat. des Epizooties*, 33, 1951, p. 477, et 35, 1951, p. 665) et ailleurs. C'est ainsi qu'en Colombie on a signalé l'apparition après d'autres variantes, des variantes O^3 et A^6.

(8) Demnitz, cité par G. Flückiger, *Bull. Off. Int. des Epizooties*, 35, 1951, p. 719.

de même les *ultravirus paraissent, eux aussi, capables d'autodéfense afin d'assurer la pérennité de l'espèce.*

D'un point de vue très général, il semble que l'on assiste actuellement, dans le domaine des maladies infectieuses, à la naissance d'une pathologie nouvelle ou tout au moins que l'on découvre des processus pathologiques jusque-là inconnus. Ainsi que nous l'écrivions naguère (9), il est possible que l'usage thérapeutique des substances antibiotiques donne lieu à la sélection ou à l'apparition de souches de bactéries pathogènes, de plus en plus résistantes, susceptibles d'accroître la malignité des infections et de créer ainsi dans l'avenir de nouvelles formes de maladies, ce qui serait grave, d'autant plus grave que l'on risquerait, un jour, de se trouver désarmé vis-à-vis d'elles. C'est ce qui, véritable rançon du progrès, tend à se réaliser à l'heure présente.

Et maintenant voilà que, d'autre part, on doit redouter l'apparition, au cours d'une même épizootie aphteuse, de diverses variétés de l'ultravirus aphteux, celui-ci réagissant contre des influences telles que les défenses humorales et cellulaires de l'organisme animal qui tendent à l'amoindrir et à l'annihiler dans ses propriétés infectantes, par l'acquisition de caractères nouveaux transmissibles qui le rendront moins vulnérable, plus agressif chez des bovidés même partiellement réfractaires à l'égard du type primitif. C'est ainsi que la variante A^5 à laquelle se réfère Buhl (10) a, d'après lui, une grande puissance de contagion, provoque de graves manifestations morbides et conduit, dans une forte proportion de cas, à la mort des animaux atteints.

Aujourd'hui, il s'agit simplement de variantes ou de types d'un même ultravirus. Demain, nous serons peut-être mis en présence, à la suite d'un véritable phénomène biologique de transmutation, d'ultravirus entièrement nouveaux dans leur constitution et dans leurs propriétés pathogènes devenant les agents de maladies plus ou moins éloignées dans leurs manifestations, de la maladie causée par l'ultravirus initial. Signalons, à ce propos, la parenté entre les virus « Coxsackie » et de la poliomyélite qui ont sans doute une origine commune; on les dit « cousins germains ». On trouve souvent associées les deux sortes de virus dans les mêmes épidémies estivales aux États-Unis (11).

Les faits mis en évidence ces derniers temps conduisent ainsi peu à peu à pénétrer le secret de l'origine de la multiplicité infinie des espèces d'ultravirus et à concevoir le mécanisme de leur formation.

---

(9) *J. Méd. de Lyon*, 32, n° 752, 1951, p. 397, *voir* également G. Ramon, R. Richou, P. Mercier et G. Holstein, *Rev. Immunologie*, 10, 1946, p. 71.

(10) *Loc. cit.*

(11) Voir *La Presse Médicale*, 60, 1952, p. 166.

Telles sont les considérations que nous suggèrent, d'une part les observations recueillies au cours de l'épizootie aphteuse qui sévit actuellement en Europe, d'autre part les constatations expérimentales faites à diverses occasions. Il importe, du point de vue pratique, d'en tenir compte dans la lutte contre la fièvre aphteuse comme dans la lutte contre d'autres maladies à ultravirus. Ceux-ci étant en perpétuelle évolution, le vétérinaire comme le médecin, l'épidémiologiste comme l'immunologiste, doivent donc, de leur côté, avoir leur attention constamment en éveil pour déceler les méfaits de cette évolution et pour essayer d'y porter remède.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale que le tome 229 (juillet-décembre 1949) des *Comptes rendus* est en distribution au Secrétariat.

M. **Louis Roy** adresse à l'Académie la troisième édition, revue et augmentée, du tome I de son *Cours de Mécanique rationnelle*.

M. **Henri Humbert** fait hommage de 5 fascicules de la *Flore de Madagascar et des Comores* (*Plantes vasculaires*), qu'il dirige : 6ᵉ à 11ᵉ *familles*, par Mme Tardieu-Blot; 52ᵉ à 54ᵉ *familles*, par Jean-François Leroy; 79ᵉ *famille*, 112ᵉ, 113ᵉ *familles*, 119ᵉ *famille*, par Henri Perrier de La Bâthie.

M. **Armand de Gramont** présente une plaquette intitulée : *Cérémonie commémorative en l'honneur du Centenaire de la naissance du Professeur Arsène d'Arsonval*, 1851-1940, *organisée par l'Union des Associations scientifiques et industrielles françaises*.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Section de Géométrie, en remplacement de M. *Élie Cartan*, décédé.

Le scrutin donne les résultats suivants :

	1er tour	2e tour
Nombre de votants	66	67
	Nombre de suffrages.	
M. René Garnier	29	39
M. Maurice Fréchet	17	16
M. Paul Lévy	18	12
M. Georges Valiron	2	

M. **René Garnier**, ayant obtenu la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation du Gouvernement de la République.

DÉSIGNATIONS.

M. **Émile Borel** est désigné pour représenter l'Académie dans la Commission de la **Maison de l'Institut de France a Londres.**

M. **Gaston Julia** est désigné pour représenter l'Académie aux Cérémonies du Cent-cinquantième anniversaire de la fondation de l'**Académie militaire des États-Unis, a West Point**, qui auront lieu le 20 mai 1952.

PLIS CACHETÉS.

M. **Marc Julia** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 2 avril 1951 et enregistré sous le n° 12819.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée : *Synthèse de la diamino*-3-6 *xanthone*.

(Renvoi à la Section de Chimie.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats à la Chaire de Physique mathématique vacante au *Collège de France*.

(Renvoi aux Sections de Géométrie et de Physique générale.)

M. **Maurice Chevassu** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de Médecine et de Chirurgie, par le décès de M. *Henri Hartmann*.

La **Division de Géologie et Minéralogie du Service géologique du Brésil**, par l'organe du Professeur **Francis Ruellan**, fait hommage à l'Académie de la médaille du Centenaire d'*Orville Derby*.

Le Président des **Amis de François Arago** annonce la constitution de cette Association, dans le but d'honorer la mémoire de ce Savant et d'ériger, à Estagel, un nouveau monument en remplacement de celui qui a été détruit pendant la guerre.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Les Prix Nobel en* 1950.

2° Deutsche Akademie der Wissenschaften zu Berlin. *Veröffentlichungen des Geodätischen Institutes in Potsdam*, n°s 1 à 6.

ALGÈBRE. — *Sur une classe de transformations dans les demi-groupes inversifs.* Note (*) de M. **Gabriel Thierrin**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Soient D un demi-groupe inversif [1], y un élément quelconque de D et y_i un élément inversif de y. *Le transformé à droite d'un élément* $x \in$ D *par* (y, y_i) *est par définition l'élément* $y_i x y$ *et le transformé à gauche de* x *par* (y, y_i) *est l'élément* $y x y_i$.

Théorème 1. — *L'ensemble des transformés à droite par* (y, y_i) *des éléments d'un demi-groupe inversif* D *constitue un demi-groupe qui a l'élément unitaire à droite* $y_i y$ *comme élément neutre à droite.*

Preuve. — Soient x et z deux éléments quelconques de D, et $y_i x y$ et $y_i z y$ leurs transformés à droite. Le produit

$$y_i x y \,.\, y_i z y = y_i (x y y_i z) y$$

est encore le transformé d'un élément de D. L'élément $y_i y$ appartient aussi à ce demi-groupe des transformés, car

$$y_i y = y_i y y_i y = y_i (y y_i) y.$$

Cet élément $y_i y$ est élément neutre à droite dans ce demi-groupe des transformés, car nous avons

$$y_i x y \,.\, y_i y = y_i x \,.\, y y_i y = y_i x y.$$

Remarquons que si nous avons en outre $y_i y y_i = y_i$, $y_i y$ est aussi élément neutre à gauche.

Nous avons le théorème symétrique pour l'ensemble des transformés à gauche.

(*) Séance du 25 février 1952.

([1]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 376. Un demi-groupe D est inversif si, pour tout $x \in$ D, il existe $x' \in$ D tel que $x x' x = x$. Un tel élément x' est dit un élément inversif de x, et les éléments $x' x$ et $x x'$ sont respectivement appelés unitaires à droite et à gauche de x.

THÉORÈME 2 [2]. — *Si y_i est un élément inversif de y et si l'élément unitaire à gauche yy_i est permutable avec chaque élément de* D, *l'ensemble* D_1 *des transformés à droite du semi-groupe inversif* D *par* (y, y_i) *constitue un sous-demi-groupe inversif homomorphe à* D, *et qui a l'élément unitaire y_iy comme élément neutre. Si, en outre, l'élément unitaire à droite y_iy est permutable avec chaque élément de* D, *nous avons l'égalité $y_iy = yy_i$, et* D_1 *se confond avec l'ensemble* D_2 *des transformés à gauche de* D *par* (y, y_i), *et avec l'ensemble* D_3 *des éléments xy_iy où x parcourt tous les éléments de* D, *c'est-à-dire que nous avons* $D_1 = D_2 = D_3$.

Preuve. — D'après le théorème précédent, l'ensemble D_1 constitue un demi-groupe qui a l'élément y_iy comme élément neutre à droite. Cet élément est aussi un élément neutre à gauche, car, si x est un élément quelconque de D, nous avons :

$$y_iy.y_ixy = y_i.yy_ixy = y_ixyy_iy = y_ixy.$$

Le demi-groupe D_1 est un sous-demi-groupe inversif de D, car si x_i est un élément inversif de x, nous avons :

$$y_ixy.y_ix_iy.y_ixy = y_i.xx_ix.y = y_ixy,$$

c'est-à-dire que le transformé de l'élément inversif x_i est un élément inversif pour le transformé de x.

Si x et z sont deux éléments quelconques de D, nous avons :

$$y_ixy.y_izy = y_ixzyy_iy = y_ixzy.$$

Donc le produit des transformés de deux éléments est le transformé du produit de ces deux éléments et D_1 est homomorphe à D, en faisant correspondre à un élément quelconque $x \in D$ son transformé $y_ixy \in D_1$.

Si maintenant nous supposons que l'élément unitaire à droite y_iy est aussi permutable avec chaque élément de D, nous avons :

$$yy_i = yy_iyy_i = y_iyyy_i, \qquad y_iy = y_iyy_iy = y_iyyy_i;$$

d'où

$$yy_i = y_iy.$$

Nous avons maintenant $D_1 = D_2$. En effet, soit $y_ixy \in D_1$. Puisque $y_iy = yy_i$ est élément neutre dans D_1, nous avons

$$y_ixy = (yy_i).y_ixy.(yy_i) = y(y_iy_ixyy)y_i \in D_2.$$

c'est-à-dire que tout élément de D_1 appartient à D_2. Inversement, tout élément de D_2 appartient à D_1, car

$$yxy_i = y(y_iy)(y_iy)xy_i = (y_iy)yxy_i(y_iy) = y_i(yyxy_iy_i)y \in D_1.$$

---

(2) Nous nous dispensons d'énoncer le théorème symétrique.

Nous avons enfin $D_1 = D_3$. En effet

$$y_i xy = y_i xy . y_i y \in D_3,$$

c'est-à-dire que tout élément de D_1 appartient à D_3. Inversement, tout élément de D_3 appartient à D_1, car

$$xy_i y = xy_i y . y_i y = y_i y x y_i y = y_i (yxy_i) y \in D_1.$$

COROLLAIRE. — *Une condition nécessaire et suffisante pour que* $D_1 = D$ *est que* $y_i y$ *soit élément neutre dans* D.

La condition est évidemment nécessaire. Elle est aussi suffisante. En effet, nous avons $D_1 = D_3$. Si $x \in D$, $xy_i y \in D_1$; mais $xy_i y = x$, donc $x \in D_1$.

Soit maintenant H un sous-demi-groupe inversif de D, y un élément quelconque de D et y_i l'un des éléments inversifs de y. On montre d'une manière analogue que, *si* $yy_i (y_i y)$ *est permutable avec chaque élément de* H, *l'ensemble des transformés à droite (à gauche) de* H *par* (y, y_i) *constitue un sous-demi-groupe inversif de* D *qui est homomorphe à* H.

ALGÈBRE. — *Conditions suffisantes pour que, dans un treillis multiplicatif complet, la condition de chaîne descendante entraîne la condition de chaîne ascendante.* Note de M. **LÉONCE LESIEUR**, présentée par M. Henri Villat.

1. *Définitions et remarques préliminaires.* — L'endomorphisme η d'un demi-treillis T est appelé *principal*, si l'image d'un idéal principal (a) est l'idéal principal $(a\eta)$ $(x' \leq a\eta \longleftrightarrow \exists\, x \leq a$ tel que $x' = x\eta)$.

η est essentiel si la relation $x\eta \cup h = y\eta \cup h$, entraîne l'existence d'éléments x' et y' tels que $x \cup x' = y \cup y'$, $x'\eta \leq h$, $y'\eta \leq h$ (¹). Le produit d'endomorphismes principaux (essentiels) est un endomorphisme principal (essentiel). Si η est un endomorphisme principal, on a $x \succ y \rightarrow x\eta \succ y\eta$ ou $x\eta = y\eta$.

L'union d'endomorphismes η_α est définie par $x\left(\bigcup_{\alpha \in \mathfrak{A}} \eta_\alpha\right) = \bigcup_{\alpha \in \mathfrak{A}} x\eta_\alpha$.

Dans ce qui suit, T désigne un treillis multiplicatif complet avec éléments zéro et $u \neq 0$ vérifiant pour tout $x \in$ T,

$$(1) \qquad 0 \leq x; \quad x0 = 0x = 0; \quad x \leq u, \quad ux = x \quad (^2).$$

L'application opératoire $x \rightarrow xa$ ($a \in$ T, fixe, $x \in$ T) est un $\cup$-endomorphisme fort de T. Si cet endomorphisme η est principal (essentiel), on dit que l'élément a est principal (essentiel).

2. *Transfert de* T *à* T_r. — Étant donné un élément $r \in$ T, tel que $ru \leq r$, l'équivalence $\mathcal{R}$ définie par $x \equiv y(\mathcal{R}) \longleftrightarrow x \cup r = y \cup r$ est régulière par rapport à l'union et à la multiplication.

(¹) *Cf.* L. A. HOSTINSKY, *Duke Math. J.*, 18, (2), 1951.

On désigne par T_r le demi-treillis multiplicatif $T/\mathcal{R}$.

Les propriétés suivantes sont des propriété de transfert de T à T_r :

La condition (C) : T est modulaire et l'application opératoire $x \to xa$ est l'union d'endomorphismes principaux.

La condition (D) : l'application opératoire $x \to xa$ est l'union d'endomorphismes essentiels.

La condition (C_1) : T est modulaire et tout élément est l'union d'éléments principaux.

La condition (D_1) : tout élément est l'union d'éléments essentiels.

3. Théorème fondamental. — *Dans un treillis* T *intercontinu vérifiant les propriétés* (1) *et satisfaisant aux conditions* (C) *et* (D), *la condition de chaîne descendante entraîne la condition de chaîne ascendante.*

La démonstration fait intervenir le radical r de T, ou union de tous les éléments nilpotents (2).

1° $r=0$. *Si* T, *modulaire, vérifie les propriétés* (1), *et satisfait à la condition* (D) *et à la condition de chaîne descendante, c'est une géométrie projective de dimension finie.*

Pour le montrer, on établit d'abord que tout point admet au moins un complément, puis on applique l'une des propriétés caractéristiques d'une géométrie projective de dimension finie : treillis modulaire satisfaisant à la condition de chaîne descendante, et dans lequel tout point admet au moins un complément (4).

Remarque. — Si l'on remplace, dans l'énoncé, l'hypothèse : T est modulaire, par : T est entier ($xu=ux=x$), T est une algèbre de Boole finie.

2° $r\neq 0$. Le radical du treillis T_r est nul, et le résultat précédent s'applique à T_r. On en déduit qu'il existe une chaîne maximale de longueur finie allant de r à u, et que u est l'union d'un nombre fini d'éléments $p_i (i=1, 2, \ldots, s)$, qui couvrent r. D'autre part, il existe un nombre naturel n tel que $r^n=p^{(2)}$, et par suite une chaîne finie : $0=r^n<r^{n-1}<\ldots<r^k<r^{k-1}<\ldots<r<u$.

Soit x un élément du segment $[r^k, r^{k-1}]$. On a

$$x=ux=\Big(\bigcup_{i=1,\ldots,s} p_i\Big)x=\bigcup_{i=1,\ldots,s}(p_ix \cup r^k).$$

Il vient d'après la condidion (C)

$$p_ix=\bigcup_{\alpha\in\mathcal{A}} p_i\eta_\alpha, \qquad \text{avec} \qquad p_i\eta_\alpha \succ r\eta_\alpha \qquad \text{ou} \qquad p_i\eta_\alpha=r\eta_\alpha.$$

Mais $x\leq r^{k-1}$ entraîne $r\eta_\alpha \leq rx \leq r^k$, et, le treillis étant modulaire, $p_i\eta_\alpha \cup r^k$ couvre $r\eta_\alpha \cup r^k=r^k$ ou lui est égal. Dans le sous-treillis $[r^k, r^{k-1}]$, qui est

(2) *Cf.* L. Lesieur, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 290.

modulaire, complet et intercontinu, tout élément x est union de points. Il en résulte que ce sous-treillis est une géométrie projective ([4]); sa dimension est finie en vertu de la condition de chaîne descendante, et il existe par suite une chaîne maximale d'extrémités r^k et r^{k-1}. En faisant varier k de 1 à n, on en déduit l'existence d'une chaîne maximale d'extrémités o et u. Par suite, le treillis étant modulaire, est de longueur finie.

Remarque. — Si u est élément unité (donc T entier), on peut remplacer dans l'énoncé du théorème la condition de chaîne descendante par la condition de chaîne descendante affaiblie, et la condition modulaire par la condition modulaire affaiblie.

4. EXEMPLES. — 1° *Treillis* T *des idéaux à gauche* (ou à droite) *d'un anneau avec élément unité*, satisfaisant à la condition de chaîne descendante.

L'endomorphisme de T défini par $x \to x\alpha (x \in T, \alpha \in A)$, est principal et essentiel, et les conditions (C) et (D) sont vérifiées. Si A est commutatif, les conditions plus particulières (C_1) et (D_1) sont vérifiées en prenant pour éléments principaux et essentiels les idéaux principaux.

2° *Treillis* T *distributif pseudo-relativement complémenté* ([3]) satisfaisant à la condition de chaîne descendante et à la condition (D_1) pour l'opération $\cap$. On a alors $r = 0$ et T est une algèbre de Boole finie.

ANALYSE GÉNÉRALE. — *Sur les espaces précompacts.*
Note (*) de M. **Jean Colmez**, présentée par M. Paul Montel.

Parmi les propriétés des espaces précompacts non citées dans ma Note précédente ([1]), il est intéressant de signaler les suivantes :

Un espace localement précompact est un espace de Baire. Toute image continue d'un espace précompact est précompact.

Si f est une application continue de l'espace précompact E dans l'espace métrique F, l'image de tout ouvert, saturé par f, est un ouvert : si f est biunivoque, elle est bicontinue.

Toute fonction numérique, semi-continue supérieurement sur un précompact, qui est limite d'une suite de fonctions continues, atteint son maximum.

Si E est uniformément localement précompact, son complété dans une structure uniforme convenable (c'est-à-dire possédant un entourage U tel

---

([3]) *Voir* pour la définition : G. Birkhoff, *Lattice Theory*, 1948.

([4]) *Voir* pour l'étude détaillée d'une géométrie projective : M. L. Dubreil-Jacotin, L. Lesieur et R. Croisot, *Leçons sur la théorie des treillis* (à paraître dans les Cahiers Scientifiques).

(*) Séance du 18 février 1952.

([1]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1552.

que $U(x)$ soit précompact quel que soit $x \in E$) est localement compact et, si f est une application dans un espace métrique, continue, telle que $U(x)$ contienne l'image réciproque, contenant x, d'un ouvert, quel que soit x, alors $A \subset E$ est précompact, si et seulement si $f(A)$ est compact. Un entourage de la diagonale étant donné, soit V, il existe une application f, vérifiant les conditions précédentes, telle que $d(x; y) \leq \varepsilon$ (d, distance dans l'image métrique) entraîne $[f^{-1}(x), f^{-1}(y)] \in V$. Il existe sur tout précompact $A \subset E$ une partition de l'unité dont tous les éléments en nombre fini ont un support précompact petit d'ordre V, donné *a priori*.

Mesure. — Si f est une application de l'espace uniformément localement précompact E sur l'espace métrique F, vérifiant les conditions précédentes, toute mesure définie par le procédé indiqué dans ma dernière Note induit dans F une mesure de Radon définie en posant $I(g) = I[g(f)]$, g étant une fonction numérique continue à support compact sur F.

Σ étant une structure uniforme convenable sur E, $\overline{E}$ son complété, $I(f)$ une fonctionnelle linéaire positive sur $\mathcal{E}$, espace des fonctions numériques continues à support précompact sur E, on en déduit une fonctionnelle sur $\overline{E}$ en posant $\overline{I}(\overline{f}) = I(f)$, $\overline{f}$ étant le prolongement de f, définie sur l'espace des fonctions numériques continues à support compact. Toute fonction h intégrable sur E est restriction à E d'une fonction $\overline{h}$ de $\overline{E}$ intégrable et $\overline{I}(\overline{h}) = I(h)$. Les procédés d'intégration sur les deux espaces ne sont pas les mêmes et j'ignore si, réciproquement, toute fonction intégrable sur E a une restriction intégrable sur E. I sera dite trace de $\overline{I}$.

Si G est un groupe qui est un espace localement précompact ([2]), ou un espace localement précompact où opère un groupe simplement transitif d'isomorphismes également continus dans une structure Σ, il existe une mesure et une seule (à une constante multiplicative près) invariante par translations à droite ou les isomorphismes, que nous appelons mesure de Haar sur les groupes localement précompacts. Elle est la trace au sens de l'alinéa précédent de la mesure de Haar correspondante sur le groupe complété $\overline{G}$ et se multiplie par une constante par les translations à gauche : les fonctions uniformément continues dans la structure bilatère de G sont intégrables et leurs supports ont une mesure finie. J'ignore si une fonction continue quelconque est intégrable et si tout précompact est mesurable.

Intégration dans les espaces localement précompacts sans uniformité. — On n'est plus assuré de l'existence d'une fonction numérique continue à support précompact, égale à 1 sur un précompact donné. La théorie se développe de la même façon en remplaçant l'espace $\mathcal{E}$ par l'espace $\mathcal{E}_0$ des fonctions de $\mathcal{E}$ qui

---

([2]) La condition ici imposée est plus forte que celle imposée aux groupes que N. Bourbaki appelle localement précompacts.

ont leurs supports dans le support strict ([3]), d'un élément de $\mathcal{E}$. Les supports des fonctions de $\mathcal{E}$ sont mesurables mais leur mesure n'est plus forcément finie. Cependant, si I est une fonctionnelle linéaire positive définie sur $\mathcal{E}$, la construction indiquée permet de définir une mesure telle que l'intégrale I_0 qu'on en déduit coïncide avec I sur $\mathcal{E}_0$ et vérifie l'inégalité $I(f) \geqq I_0(f)$, si $f \geqq 0$ appartient à $\mathcal{E}$.

Alors les supports des fonctions de $\mathcal{E}$ ont une mesure finie.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le signe des conditions de Weierstrass et de Legendre pour les minima et maxima en calcul des variations.* Note de M. **William Scribner Kimball**, présentée par M. Jacques Hadamard.

On met d'ordinaire en évidence, en Calcul des variations, le caractère positif de $f_{y'y'}$ et de la fonction E comme condition du minimum pour J (ext), et *vice versa* pour le maximum. Il importe de signaler le *renversement* de ce rôle dans le cas d'intégrations faites en ce sens négatif ($dx < 0$) le long chemin d'intégration de J. Bien que ce renversement soit une conséquense évidente de la formule intégrale de Weierstrass, le nombre des problèmes élémentaires et familiers où il peut se rencontrer ne permet pas de le négliger.

La règle correcte qui doit décider du maximum ou du minimum d'une intégrale est donc la suivante :

Un extremum d'une intégrale curviligne J en calcul des variations, est un minimum ou un maximum selon que le signe $f_{y'y'}$ de la fonction E, s'accorde ou non avec le signe de la différentielle de la variable indépendante (variable d'intégration de J).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'Analyse spectrale des fonctions non bornées.* Note (*) de M. **Paul Malliavin**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Une fonction à croissance exponentielle, définie sur un groupe abélien, n'a un spectre vide que si elle est identiquement nulle.

Le problème de l'Analyse spectrale posé par A. Beurling ([1]), a été résolu par cet auteur dans le cas des fonctions uniformément bornées sur la droite. Ce résultat a été étendu aux fonctions uniformément bornées sur un groupe abélien localement compact par R. Godement ([2]).

Le problème d'Analyse spectrale se pose également pour les fonctions loca-

---

([3]) L'ouvert où f est différent de zéro.

(*) Séance du 18 février 1952.

([1]) *Acta mathematica*, 77, 1945, p. 127, 136.

([2]) *Ann. Éc. Norm. Sup.*, 64, 1947, p. 113, 140.

lement bornées [3], c'est-à-dire bornées sur tout compact. Par une régularisation convenable, ce problème se ramène à celui de l'Analyse spectrale des fonctions continues localement bornées.

L. Schwartz [4] a complètement résolu cette question sur la droite. Nous nous proposons de l'aborder dans le cas général.

Notations. — Soit g un groupe abélien localement compact, o l'élément neutre pour la loi de composition sur g qui sera notée additivement, $C(g)$ l'espace vectoriel des fonctions définies et continues sur g, à valeurs complexes, muni de la topologie définie par les semi-normes

$$p_K(f) = \max_{x \in K} |f(x)|,$$

où K parcourt les parties compactes de g.

Étant donné $f \in C(g)$ on notera par $[f]$ la variété linéaire fermée engendrée par les translatées de f.

$\exp_\chi(x)$ désignera un caractère de Mackey [5] du groupe g, c'est-à-dire un homomorphisme de g dans le groupe multiplicatif des nombres complexes (cet homomorphisme pouvant être *sur*).

Le dual $M(g)$ de $C(g)$ est l'espace des mesures à support compact, $L(g)$ le sous-espace de $M(g)$ constitué par les mesures absolument continues par rapport à la mesure de Haar dx; $L_K(g)$ le sous-espace des mesures de $L(g)$ ayant leur support dans le compact K.

$M(g)$ muni du produit de composition est une algèbre, ε_0 désignera son unité.

Définitions. — Une fonction $\varphi(x) > 0$, $\varphi \in C(g)$ sera à *croissance exponentielle régulière* s'il existe un voisinage $V(o)$ et une constante B tels que

$$\frac{\varphi(x)}{\varphi(y)} < B \quad \text{si} \quad y - x \in V(o).$$

La fonction $f \in C(g)$ sera à *croissance exponentielle* s'il existe φ à croissance exponentielle régulière telle que

$$|f(x)| \leq \varphi(x).$$

On veut démontrer :

Si f est à croissance exponentielle, alors $[f]$ contient au moins un caractère de Mackey.

Soit J la variété orthogonale dans $M(g)$ à $[f]$, J est un idéal de l'algèbre $M(g)$.

Définissons pour $\mu \in M(g)$:

$$\|\mu\|_\varphi = \sup_{x \in g} \frac{1}{\varphi(x)} \int_g \varphi(x-t)\,|d\mu(t)|, \qquad \text{on a} \quad \|\mu\|_\varphi \leq B^n.$$

---

[3] A. Beurling, *Colloque d'Analyse harmonique*, Nancy, 1947.

[4] *Ann. Math.*, 48, 1947, p. 857-928.

[5] *Proc. Nat. Acad. U. S. A.*, 1948, p. 156, 162.

si n désigne le nombre minimum de voisinages V avec lequel on peut recouvrir le support compact de μ.

$$\|\mu\star\nu\|_\varphi \leq \sup_{t,\tau\in g}\frac{1}{\varphi(\xi)}\int_g\int_g\varphi(\xi-t-\tau)\,|d\mu(t)|\,|d\nu(\tau)|$$
$$\leq \sup_{t,\tau\in g}\frac{1}{\varphi(\xi)}\int|d\nu(\tau)|\int_g\varphi(\xi-\tau-t)\,|d\mu(t)|$$
$$\leq \sup_{\tau\in g}\frac{\|\mu\|_\varphi}{\varphi(\xi)}\int_g\varphi(\xi-\tau)\,|d\nu(\tau)| = \|\mu\|_\varphi\|\nu\|_\varphi.$$

Enfin l'unité ε_0 est située à distance positive de J. En effet si $\mu\in$ J alors

$$\int_g f(x-t)\,d\mu(t)=0$$

et

$$|f(x)|<\left|\int_g f(x-t)\,d[\mu(t)-\varepsilon_0(t)]\right|<\int_g\varphi(x-t)\,|d[\mu(t)-\varepsilon_0(t)]|,$$

$$\|\mu-\varepsilon_0\|_\varphi>\sup_{x\in g}\frac{|f(x)|}{\varphi(x)}.$$

Le complété $\overline{\mathrm{M}}(g)$ de $\mathrm{M}(g)$ pour la norme $\|\ \|_\varphi$ est une algèbre de Banach. L'adhérence $\overline{\mathrm{J}}$ de J dans $\overline{\mathrm{M}}(g)$ est un idéal non trivial.

Soit $\overline{\chi}$ un caractère de Gelfand, défini sur $\overline{\mathrm{M}}(g)$ et s'annulant sur $\overline{\mathrm{J}}$.

χ, χ^*, χ^*_{K} désigneront respectivement les restrictions de $\overline{\chi}$ à $\mathrm{M}(g)$, $\mathrm{L}(g)$, $\mathrm{L}_{\mathrm{K}}(g)$.

χ^*_{K}, continu sur $\mathrm{L}_{\mathrm{K}}(g)$ pour la norme habituelle, est défini par une fonction $\rho_{\mathrm{K}}(x)$ mesurable et bornée. $\rho_{\mathrm{K}}(x)$ est la restriction à K d'une fonction $\rho(x)$ définie sur g, mesurable, localement bornée, et satisfaisant « en moyenne » à l'équation

$$\rho(x+y)=\rho(x)\rho(y).$$

On en déduit que $\rho(x)$ est continue, donc égale à un caractère de Mackey $\exp_{\chi^*}(x)$.

Si $\mu\in\mathrm{M}(g)$ et $f\in\mathrm{L}(g)''$ alors $\mu\star f\in\mathrm{L}(g)$, d'où

$$\chi^*(\mu\star f)=\chi(\mu)\chi^*(f),$$
$$\iint_{gg}\exp_{\chi^*}(x+y)\,d\mu(x)\,f(y)\,dy=\chi(\mu)\int_g\exp_{\chi^*}(y)\,f(y)\,dy;$$

d'où

$$\chi(\mu)=\int_g\exp_{\chi^*}(x)\,d\mu(x),$$

ce qui achève la démonstration

Application. — Dans l'espace euclidien R^n une fonction est à croissance exponentielle dans le sens défini plus haut si et seulement si elle est majorée par e^{ar} (r désignant la distance de l'origine).

Étant donné sur R^n *une fonction* $f(x)$, *continue, à croissance exponentielle, il existe une forme linéaire complexe* $\langle\alpha, x\rangle$ *telle que l'on puisse approcher* $e^{\langle\alpha,x\rangle}$ *uniformément sur tout ensemble borné par des combinaisons linéaires des translatées de* $f(x)$.

En particulier ces combinaisons linéaires seront bornées dans un demi-espace de R^n alors que la fonction pouvait croître exponentiellement dans toutes les directions.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le théorème spectral.*

Note (*) de M. **Kennan-T. Smith**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Nouvelle démonstration du théorème spectral pour les opérateurs bornés ou non bornés d'un espace de Hilbert, utilisant la théorie des espaces vectoriels topologiques généraux.

Avec la théorie générale des espaces localement convexes, et surtout avec celle des espaces (LF) ([1]), on démontre très facilement et sans aucun calcul ennuyeux le théorème spectral pour les opérateurs auto-adjoints non bornés sur un espace de Hilbert.

Soit, en effet, T un tel opérateur, sur l'espace de Hilbert H. Supposons, au préalable, qu'il existe une suite croissante de sous-espaces fermés H_n, chacun invariant par T, sur chacun desquels T est continu, dont la réunion E est dense dans H. (On en établit l'existence à la fin.) T est alors continu sur E muni de la topologie limite des H_n; c'est-à-dire T appartient à l'anneau L(E) ([1]).

Il faut, tout d'abord, montrer que l'application u de C(R), espace des fonctions continues sur les réels R, avec la convergence uniforme sur les compacts, dans L(E) avec la convergence bornée, qui fait correspondre à tout polynome $p(t)$ l'opérateur $p(T)$, est continue. Pour cela il suffit d'étabir l'inégalité suivante :

$$\| p(T) x \| \leq \sup_{|t| \leq \|T\|_n} |p(t)| \cdot \|x\|, \tag{1}$$

où n est fixé, x appartient à H_n, et $\|T\|_n$ est la norme de T sur H_n. En raisonnant toujours dans H_n, soit, d'après ([2]), A le projecteur de H_n sur l'espace engendré par x, Tx, ..., $T^m x$, où m est le degré de $p(t)$. Si $S = ATA$, on a

$$\|p(T)x\| = \|p(S)x\| \leq \sup_{|t| \leq \|S\|_n} |p(t)| \cdot \|x\| \leq \sup_{|t| \leq \|T\|_n} |p(t)| \cdot \|x\|,$$

attendu que S est un opérateur de dimension finie pour lequel on connaît le théorème spectral.

(*) Séance du 18 février 1952.

(1) J. Dieudonné et L. Schwartz, *Annales de Grenoble*, 1949.

(2) W. F. Eberlein, *Bull. Amer. Math. Soc.*, 52, 1946.

Puisque E est complet (1) l'application u se prolonge par continuité à l'espace $C(R)$ tout entier, aussi bien que l'inégalité (1), qui devient dans le cas particulier où $f(t)$ est une fonction bornée

$$\|f(T)x\| = \|u(f)x\| \leqq \sup |f(t)| \cdot \|x\|.$$

Autrement dit, tous les opérateurs $u(f)$ pour f bornée sont continus sur H lui-même. Enfin, évidemment tout opérateur $u(f)$ possède un « adjoint » qui est, en effet, $u(\bar{f})$.

Maintenant regardons un moment l'espace L(E). Tout ensemble borné pour la topologie « faible » de la convergence faible et simple est équicontinu (1) et E lui-même est réflexif (2); ce qui entraîne que tout tel borné est relativement compact. Selon le théorème de Mackey (3) L(E) est réflexif pour cette topologie, tandis que, trivialement, u est encore continue pour cette topologie. On déduit que u'' applique C'' dans L(E) et ses fonctions bornées dans L(H).

Soit P_t l'image dans L(H) de la fonction caractéristique de l'intervalle $(-\infty, t)$. Les propriétés algébriques de u'' se transfèrent sans peine en celles des P_t comme « resolution of the identity ». En même temps, le théorème de Riesz (5) donne directement la représentation

$$< u(f)x, y > = \int f(t)\, dP_t x, y.$$

D'abord cette égalité n'est vraie que pour les x et y dans E, mais cela suffit déjà pour qu'elle se prolonge à tout y dans H et tout x dans le domaine dont il s'agit (4).

Enfin, on démontre l'existence des H_n en appliquant les résultats ci-dessus à l'opérateur $S = 1/(1+T^2)$ qui est borné et satisfait à $0 \leqq S \leqq 1$ (4). Si P_t est la « resolution of the identity » pour S, on peut, par exemple, prendre $H_n = (1 - P_{1/n})H$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une classe de procédés de sommation des séries divergentes.* Note de MM. **Hubert Delange** et **Marc Zamansky**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Cette Note a pour but de rectifier et de reprendre d'un point de vue plus général une Note précédente de l'un de nous (1). Le problème posé consistait

(2) *Trans. Amer. Math. Soc.*, 1946.
(4) B. v. Sz. Nagy, *Erg. der. Math.*, 5, 1942.
(5) *Comptes rendus*, 149, 1909, p. 974.

(1) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 999.

à chercher si un procédé de sommation défini par une fonction sommatoire g est équivalent à une moyenne de Cesaro. Le théorème de Mercer $[g(t) = 1 + at, a > -1]$ en est un cas élémentaire.

1. Le résultat énoncé dans la Note citée, pour le cas où g est un polynome, est inexact si l'on n'ajoute pas une hypothèse convenable. La démonstration indiquée s'appuyait sur le fait, énoncé dans une Note antérieure [2], que la convergence d'un procédé (g) pour une série satisfaisant à $u_k = o[1]$ entraîne celle d'un certain autre procédé (G_z) dépendant de (g) et d'un nombre complexe z. Or, dans le cas où $\mathcal{R} z < 0$, ce résultat n'est valable que si $\mathcal{R} z < -1$ [3].

2. Nous dirons maintenant que le procédé (g) appliqué à la série $\sum_1^{+\infty} u_k$ converge si

$$T_x(g) = \sum_{k \leq x} g\left(\frac{k}{x}\right) u_k$$

tend vers une limite finie quand x tend vers $+\infty$.

Si l'on suppose $u_k = o[1]$ et si g est à variation bornée sur $[0, 1]$, cette définition est équivalente à celle utilisée précédemment. Mais nous ne supposons plus ici $u_k = o[1]$.

Par ailleurs, nous associons à chaque fonction sommatoire g la fonction $M(g, s)$ définie pour $\mathcal{R} s > 0$ par

$$M(g, s) = \int_0^1 t^{s-1} g(t)\, dt.$$

[Transformée de Mellin de la fonction égale à $g(t)$ pour $t \leq 1$ et 0 pour $t > 1$].

On a d'abord le théorème suivant :

Théorème 1. — *Soient g et G continues sur $[0, 1]$.*

Si le rapport $M(G, s)/M(g, s)$ est représentable dans le demi-plan $\mathcal{R} s > 0$ par une intégrale de Laplace $\int_0^{+\infty} e^{-sx}\, d\alpha(x)$ absolument convergente pour $\mathcal{R} s \geq 0$, la convergence du procédé (g) entraîne celle du procédé (G).

Si $M(G, s)/M(g, s)$ est représentable dans la bande $0 < \mathcal{R} s \leq \beta + 1$, où $\beta > -1$, par une intégrale de Laplace $\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-sx}\, d\alpha(x)$ absolument convergente pour $0 \leq \mathcal{R} s \leq \beta + 1$, la convergence du procédé (g) pour une série satisfaisant à $u_k = O[k^\beta]$ entraîne celle du procédé (G).

Dans les deux cas, si s et S sont les sommes définies par (g) et (G) et si $g(0) \neq 0$, on a $S = s\, G(0)/g(0)$.

---

(2) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 908.

(3) L'idée simple qui conduisait à ce résultat consistait en la sommation de deux manières d'un tableau à double entrée absolument convergent. La convergence absolue n'a pas lieu nécessairement si $-1 < \mathcal{R} z < 0$.

Une première conséquence simple est le

THÉORÈME 2. — *Soit g continue sur $[0, 1]$, avec $g(0) = 1$. Supposons que $g^{(p)}$ existe pour $0 < t \leqq 1$, soit à variation bornée sur tout intervalle $[\varepsilon, 1]$, où $\varepsilon > 0$, et que 1 soit zéro d'ordre p de $g (p \geqq 0)$.*

Si

$$\int_{+0}^{1} t^p \,|\, dg^{(p)}(t) \,| < |\, g^{(p)}(1) \,|,$$

le procédé (g) est équivalent au procédé (C, p).

2. Dans la suite, nous disons que g appartient à la classe $\mathcal{C}_p$ si : 1° g est continue sur $[0, 1]$ et possède des dérivées d'ordre $\leqq p+1$ pour $0 < t \leqq 1$; 2° $g(0) = 1$ et $g^{(p)}$ est la première dérivée non nulle pour $t = 1$; 3° $g^{(p+1)}$ est à variation bornée sur tout intervalle $[\varepsilon, 1]$, où $\varepsilon > 0$; 4° il existe un $\alpha > 0$ tel que, en désignant par $V(\varepsilon)$ la variation totale de $g^{(p+1)}$ sur $[\varepsilon, 1]$, on a $V(\varepsilon) = O[\varepsilon^{\alpha-p-1}]$ quand ε tend vers zéro.

$M(g, s)$ est alors méromorphe dans le demi-plan $\mathcal{R}s > -\alpha$, où elle ne peut avoir comme pôles que les points $0, -1, -2, \ldots, -p-1$. Elle n'a qu'un nombre fini de zéros dans le demi-plan $\mathcal{R}s \geqq 0$.

On a les théorèmes suivants :

THÉORÈME 3. — *Si $g_1 \in \mathcal{C}_p$ et $g_2 \in \mathcal{C}_{p'}$, avec $p' \geqq p$, et si tout zéro de $M(g_1, s)$ situé dans le demi-plan $\mathcal{R}s \geqq 0$ est aussi zéro de $M(g_2, s)$ avec un ordre de multiplicité au moins égal, la convergence du procédé (g_1) entraîne celle du procédé (g_2) avec la même somme.*

COROLLAIRE 1. — *Si g_1 et $g_2 \in \mathcal{C}_p$ et si $M(g_1, s)$ et $M(g_2, s)$ ont les mêmes zéros avec les mêmes ordres de multiplicité dans le demi-plan $\mathcal{R}s \geqq 0$, (g_1) et (g_2) sont équivalents.*

COROLLAIRE 2. — *Si $g \in \mathcal{C}_p$ et si $M(g, s)$ n'a aucun zéro dans le demi-plan $\mathcal{R}s \geqq 0$, (g) est équivalent à (C, p).*

COROLLAIRE 3. — *Si $g \in \mathcal{C}_p$, il existe un polynome P tel que $P(0) = 1$, admettant 1 pour zéro d'ordre p, équivalent à (g).*

THÉORÈME 4. — *Soient g_1, g_2, $g_3 \in \mathcal{C}_p$. Supposons que tout zéro commun à $M(g_1, s)$ et $M(g_2, s)$, d'ordre r_1 pour $M(g_1, s)$ et r_2 pour $M(g_2, s)$ et situé dans le demi-plan $\mathcal{R}s \geqq 0$, soit zéro de $M(g_3, s)$ avec un ordre au moins égal à $\operatorname{Min}(r_1, r_2)$. Alors, si (g_1) et (g_2) convergent, (g_3) converge.*

COROLLAIRE. — *Si g_1 et $g_2 \in \mathcal{C}_p$ et si $M(g_1, s)$ et $M(g_2, s)$ n'ont aucun zéro commun dans le demi-plan $\mathcal{R}s \geqq 0$, la convergence de (g_1) et (g_2) entraîne celle de (C, p).*

THÉORÈME 5. — *Si $g_1 \in \mathcal{C}_p$ et $g_2 \in \mathcal{C}_{p'}$, et si les procédés (g_1) et (g_2) convergent, ils donnent la même somme.*

Si l'on ne considère que des séries assujetties à la condition $u_k = O[k^\beta]$, avec $\beta > -1$, on peut remplacer dans les hypothèses des théorèmes 3 et 4 et de leurs corollaires le demi-plan $\mathcal{R}s \geqq 0$ par la bande $0 \leqq \mathcal{R}s \leqq \beta + 1$.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Les prolongements d'une variété différentiable. IV. Éléments de contact et éléments d'enveloppe.* Note (*) de M. **Charles Ehresmann**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Cette Note fait suite à quatre Notes antérieures [1]. Groupoïde associé à un espace fibré, classes d'intransitivité, applications covariantes. Ces notions, que nous mettrons à la base de la théorie des covariants différentiels d'une structure infinitésimale, sont appliquées pour définir les éléments de contact et les enveloppes d'ordre r et pour indiquer la structure des espaces formés par ces éléments.

1. Soit E(B, F, G, H) un espace fibré à groupe structural topologique G, appelons *groupoïde associé* le groupoïde $\Pi = HH^{-1}$ des isomorphismes d'une fibre sur une fibre. Π est muni d'une structure fibrée de base $B \times B$, de fibre G, de groupe structural $G \times G$ opérant sur G de la manière suivante : $(s', s)\,t = s'ts^{-1}$, où $s, s', t \in G$. Soient p la projection de E sur B, $\hat{p}$ la projection de H sur B, α et β les projections de Π sur B définies par $\alpha(h'h^{-1}) = \hat{p}(h)$, $\beta(h'h^{-1}) = \hat{p}(h')$, où $h, h' \in H$. Π est un *groupoïde d'opérateurs* pour E : le composé θz de $\theta \in \Pi$ et $z \in E$ est défini lorsque $p(z) = \alpha(\theta)$; alors $p(\theta z) = \beta(\theta)$. On a $\theta'(\theta z) = (\theta'\theta)z$ lorsque l'un de ces composés est défini. Les éléments neutres à gauche et à droite de Π sont les automorphismes identiques des fibres.

Appelons *classe d'intransitivité* de $z \in E$ relativement à Π l'ensemble des composés θz, où $\theta \in \Pi$. Deux points $z \in E$ et $y \in F$ seront dits équivalents lorsqu'il existe $h \in H$ tel que $z = hy$. La classe d'intransitivité de z est l'ensemble des points équivalents à un point $y \in F$. L'ensemble des points de F équivalents à z est une classe d'intransitivité de F relativement à G.

Un sous-espace E' de E sera dit *invariant* (par Π) lorsqu'il est réunion de classes d'intransitivité. E' est alors l'ensemble des points équivalents à un point quelconque d'un sous-espace F' de F, invariant par G; *il est muni d'une structure fibrée* E'[B, F', G/N, H/N] *où* N *est le sous-groupe de* G *qui laisse invariant chaque point de* F'.

Soit φ une représentation de G sur un groupe d'automorphismes $\overline{G}$ d'un espace $\overline{F}$ et soit $\overline{E}(B, \overline{F}, \overline{G}, \overline{H})$ l'espace fibré associé à E(B, F, G, H) par φ. Désignons aussi par φ la représentation associée de H sur $\overline{H}$, ainsi que celle de Π sur $\overline{\Pi}$, définie par $\varphi(h'h^{-1}) = \varphi(h')\varphi(h)^{-1}$, où $h, h' \in H$. Une application ψ de E dans $\overline{E}$ sera appelée *application covariante* (resp. *invariante* si $\overline{G}$ est réduit à l'élément neutre) lorsque $\psi\theta = \varphi(\theta)\psi$ quel que soit $\theta \in \Pi$. L'applica-

(*) Séance du 25 février 1952.

(1) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 598, 777 et 1081 ; 234, 1952, p. 587.

tion covariante ψ se projette sur l'application identique de B; il lui correspond une application covariante ψ_0 de F dans F, c'est-à-dire telle que $\psi_0 s = \varphi(s)\psi_0$, où $s \in G$. Une classe d'intransitivité est appliquée par ψ sur une classe d'intransitivité. Soit ρ la relation d'équivalence dans F associée à ψ_0 et $\bar{\rho}$ la relation d'équivalence dans E associée à ψ et supposons que ρ soit une relation d'équivalence ouverte. Alors ψ admet la *décomposition canonique* $\psi = \psi''\psi'$, où ψ' est l'application covariante canonique de E sur E/ρ, qui est muni [1] d'une structure fibrée associée $E/\bar{\rho}[B, F/\rho, G/K, H/K]$, K étant le noyau de φ; ψ'' est un isomorphisme de $E/\bar{\rho}$ sur un sous-espace invariant de $\bar{E}$. *Pour que les classes* mod $\bar{\rho}$ *sur* E *soient les fibres d'une structure fibrée dont le speudogroupe des automorphismes locaux comprenne les automorphismes locaux de la structure* E(B, F, G, H), *il faut et il suffit que les classes* mod ρ *sur* F *soient les fibres d'une structure fibrée invariante par* G (condition vérifiée en particulier lorsque G est un groupe de Lie transitif dans F et qu'une classe mod ρ est fermée).

2. Considérons deux r-variétés V_n et V_m. Soit $\Pi^r(V_n)$ le groupoïde associé à $H^r(V_n)$; c'est l'ensemble des éléments inversibles de $J^r(V_n, V_n)$. Considérons $J^r(V_n, V_m)$ muni de sa structure fibrée [1] de base $V_n \times V_n$, de fibres isomorphes à $L^r_{m,n}$ de groupe structural $L^r_m \times L^r_n$, associée à l'espace fibré principal $H^r(V_n) \times H^r(V_m)$. Son groupoïde associé est $\Pi^r(V_n) \times \Pi^r(V_m)$. La classe d'intransitivité de $z \in J^r(V_n, V_m)$ est l'ensemble des éléments $h' y h^{-1}$, où $h \in H^r(V_n)$, $h' \in H^r(V_m)$, y étant un élément de $L^r_{m,n}$ équivalent à z. Appelons *éléments d'équivalence* de y et de z les classes d'intransitivité de y et de z.

Considérons aussi sur $J^r(V_n, V_m)$ la structure fibrée de base V_n, de fibres isomorphes à $T^r_n(V_m)$ de groupe structural L^r_n, associée à $H^r(V_n)$. Le composé de $s \in L^r_n$ et $Y \in T^r_n(V_m)$ est Ys^{-1}. Le groupoïde associé est $\Pi^r(V_n)$, le composé de $z \in J^r(V_n, V_m)$ et $\theta \in \Pi^r(V_n)$ étant $z\theta^{-1}$. La classe d'intransitivité de z, relativement à $\Pi^r(V_n)$, correspond dans $T^r_n(V_m)$ à la classe YL^r_n, où $Y = zh$. *Cette classe* YL^r_n *est appelée élément de contact de* Y *ou de* z; *nous dirons aussi que c'est un* n^r*-élément de contact dans* V_m.

En considérant sur $T^r_n(V_m)$ sa structure fibrée de base V_m, de fibres isomorphes à $L^r_{m,n}$ de groupe structural L^r_m, la relation d'équivalence $Y \sim Ys^{-1}$ correspond dans $L^r_{m,n}$ à la relation d'équivalence $y \sim ys^{-1}$, qui est invariante par L^r_m.

Soit $P^r_{m,n}$ l'espace quotient de $L^r_{m,n}$ par cette relation d'équivalence; c'est l'espace des n^r-éléments de contact d'origine O dans R^m. Cet espace, sur lequel opère L^r_m, n'est pas séparé, mais chacune de ses classes d'intransitivité est un espace homogène de Lie. *L'espace* $P^r_n(V_m)$ *des* n^r*-éléments de contact de* V_m *est le prolongement d'ordre r de* V_m, *de fibres isomorphes à* $P^r_{m,n}$. L'application $Y \to YL^r_n$ est une application covariante ψ_r de $T^r_n(V_m)$ sur $P^r_n(V_m)$. L'image réciproque par ψ_r d'une classe d'intransitivité de $P^r_n(V_m)$ est munie d'une struc-

ture fibrée associée à cette projection. Pour $k \leq r$, les classes d'intransitivité de $P(V_m)$ sont des *prolongements réguliers* [1] de V_n et l'application canonique ψ^k de $T^k_n(V_m)$ sur $P^k_n(V_m)$ se réduit pour chacune d'elles à une l-application, où $k+l=r$. Si f est une r-application de V_n dans V_m, le couple (f, V_n) s'appelle *r-variété plongée dans* V_m, $f(V_n)$ son support, $\psi^k(j^k_x f)$ son élément de contact d'ordre k en x. L'application $\psi^k(j^k f)$ de V_n dans $P^k_n(V_m)$ définit le *prolongement d'ordre k de la variété plongée. Si l'élément d'équivalence de $j^k_x f$ est fixe, ce prolongement sera une l-variété plongée dans une classe d'intransitivité de* $P^r_n(V_m)$; *l'élément de contact $\psi^r(j^r_x f)$ s'identifie canoniquement à l'élément de contact d'ordre l en x du prolongement $\psi^k(j^k f)$.*

En considérant de même sur $J^r(V_n, V_m)$ la structure fibrée de base V_m, on définit l'*élément d'enveloppe de $z \in J^r(V_n, V_m)$* ou d'un élément équivalent Z de $T^{r*}_m(V_n)$; c'est la classe $L^r_m Z$, que nous appellerons aussi *m^r-élément d'enveloppe dans* V_n. L'ensemble $P^{r*}_m(V_n)$ de ces éléments est le prolongement d'ordre r de V_n de fibres isomorphes à $P^{r*}_{m,n}$, ensemble des classes $L^r_m y$ (élément d'enveloppe de $y \in L^r_{m,n}$).

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur les structures presque quaternioniennes de deuxième espèce* [1]. Note de Mlle **Paulette Libermann**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Soit $\hat{L}_n$ le sous-groupe du groupe linéaire L_{2n} de R^{2n} laissant invariants deux automorphismes $\mathcal{I}$ et $\mathcal{J}$ de R^{2n} tels que : $\mathcal{I}^2 = -1$, $\mathcal{J}^2 = 1$, $\mathcal{I}\mathcal{J} = -\mathcal{J}\mathcal{I}$. Structures infinitésimales régulières à groupe structural $\hat{L}_n$. Cas particulier $n = 2p$: structures presque quaternioniennes de deuxième espèce.

1. Dans l'espace vectoriel R^{2n} la donnée d'un automorphisme $\mathcal{I}$ tel que $\mathcal{I}^2 = -1$ définit sur cet espace une structure d'espace vectoriel complexe. Tout n-plan *réel* X_n [1] détermine un automorphisme $\mathcal{J}$ de R^{2n}, de valeurs propres ± 1, tel que les vecteurs propres correspondant à $+1$ (resp. -1) engendrent X_n (resp. $\mathcal{I}X_n$). On a : $\mathcal{I}\mathcal{J} = -\mathcal{J}\mathcal{I}$. Réciproquement à tout automorphisme $\mathcal{J}$ tel que : $\mathcal{J}^2 = 1$, $\mathcal{I}\mathcal{J} = -\mathcal{J}\mathcal{I}$ sont associés deux n-plans réels X_n et $\mathcal{I}X_n$ engendrés par les vecteurs propres de $\mathcal{J}$. Soit $\mathcal{K} = \mathcal{I}\mathcal{J}$: on a : $\mathcal{K}^2 = 1$, $\mathcal{K}\mathcal{I} = -\mathcal{I}\mathcal{K} = \mathcal{J}$; donc les vecteurs propres de $\mathcal{J}$ engendrent deux n-plans réels Y_n et $\mathcal{I}Y_n$. La donnée du couple $(\mathcal{I}, \mathcal{K})$ détermine $\mathcal{J}$. De même la donnée du couple $(\mathcal{J}, \mathcal{K})$ d'automorphismes tels que : $\mathcal{J}^2 = \mathcal{K}^2 = 1$, $\mathcal{J}\mathcal{K} = -\mathcal{K}\mathcal{J}$ détermine l'automorphisme $\mathcal{I} = \mathcal{K}\mathcal{J}$ et les n-plans, X_n, $\mathcal{I}X_n$,

---

[1] Cette Note fait suite à une Note antérieure désignée par III (*Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1571). Rectificatif : p. 1572 (2) : $\omega'^k = \Sigma u^k_j \omega^j$; p. 1573 (4) : si $n > 2$, $\Pi^j = 0$ et $\Pi^j_s = 0$ entraînent $d\psi_1 = 0$.

Y_n, $\mathcal{I}Y_n$. Inversement à tout triplet (X, X'_n, Y_n) de n-plans deux à deux supplémentaires correspond un triplet $(\mathcal{I}, \mathcal{J}, \mathcal{K})$ d'automophismes tels que $\mathcal{I}^2 = -1$, $\mathcal{J}^2 = \mathcal{K}^2 = 1$, $\mathcal{I}\mathcal{J} = -\mathcal{J}\mathcal{I} = \mathcal{K}$. En effet on peut déterminer dans R^{2n} un système de coordonnées tel que X_n, X'_n, Y_n soient définis respectivement par : $y^s=0$, $x^s=0$, $x^s+y^s=0$ $(s=1, \ldots, n)$. Les automorphismes $\mathcal{I}$, $\mathcal{J}$, $\mathcal{K}$ sont alors définis respectivement par : $x^s \to -y^s$, $y^s \to x^s$; $x^s \to x^s$, $y^s \to -y^s$; $x^s - y^s \to x^s - y^s$, $x^s + y^s \to -(x^s + y^s)$. *Soit* $\hat{L}_n$ *le sous-groupe du groupe linéaire homogène réel* L_{2n} *qui laisse invariants les trois n-plans* X_n, X'_n, Y_n (*et par suite les automorphismes associés* $\mathcal{I}, \mathcal{J}, \mathcal{K}$) : $\hat{L}_n$ *est isomorphe à* L_n. Le groupe $\hat{L}_n$ laisse également invariant tout n-plan $X_n^{(\mu)}$ d'équations : $x^s + \mu y^s = 0$ (où μ est un paramètre réel). L'ensemble F des n-plans $X_n^{(\mu)}$ sera appelé *faisceau* de n-plans. Au triplet $[X_n^{(\mu_1)}, X_n^{(\mu_2)}, X_n^{(\mu_3)}]$ correspond le triplet d'automorphismes $(\mathcal{I}, \mathcal{J}, \mathcal{K})_{\mu_1,\mu_2,\mu_3}$.

Aux automorphismes $\mathcal{I}$, $\mathcal{J}$, $\mathcal{K}$ est associée une *algèbre quaternionienne de deuxième espèce* sur le corps des réels (²), de base $(1, i, j, k)$ avec :

$$(1) \quad i^2=-1, \quad j^2=1, \quad k^2=1, \quad ij=-ji=k, \quad jk=-kj=-i, \quad ki=-ik=j.$$

Les bases $(1, i', j', k')$ de l'algèbre qui vérifient (1) sont en correspondance biunivoque avec les triplets $(X_n^{(\mu_1)}, X_n^{(\mu_2)}, X_n^{(\mu_3)})$; on en déduit que le groupe G échangeant ces bases est *isomorphe au groupe des transformations homographiques de la droite réelle*. Supposons $n=2p$. *La donnée des automorphismes* $\mathcal{I}$, $\mathcal{J}$, $\mathcal{K}$ *détermine dans* R^{4p} *une structure de module unitaire* M^p *sur l'algèbre des quaternions de deuxième espèce*. Dans R^{4p} identifié à l'espace vectoriel complexe C^{2p}, soient $z^1, \ldots, z^{2p}$ les coordonnées canoniques. Soit $\mathcal{J}$ la transformation $z^s \to \bar{z}^{s'}$, $z^{s'} \to \bar{z}^s$ $(s=1, \ldots, p;\ s'=s+p)$. On peut définir dans M^p les coordonnées canoniques : $Z^s = z^s + j\bar{z}^{s'} = x^s + iy^s + jx^{s'} + ky^{s'}$ (où $z^\alpha = x^\alpha + iy^\alpha$). Le *sous-groupe* L''_p du groupe linéaire homogène complexe L'_{2p} qui laisse invariante la transformation $\mathcal{J}$ sera appelé *groupe linéaire quaternionien de deuxième espèce* : L''_p est le groupe $\hat{L}_{2p}$; *il est donc isomorphe à* L_{2p}. Le sous-groupe $\mathcal{L}_p$ de L''_p qui laisse invariante la forme $\Sigma Z^l \bar{Z}^l = \Sigma[(x^l)^2 + (y^l)^2 - (x^{l'})^2 - (y^{l'})^2]$ (où $\bar{Z}^l = x^l - iy^l - jx^{l'} - ky^{l'}$) sera appelé *groupe unitaire quaternionien de deuxième espèce*. On démontre qu'il est *isomorphe au groupe symplectique réel à 2p variables*. $\mathcal{L}_1$ est identique à G.

2. Sur une variété trois fois différentiable V_{2n} (n quelconque) la donnée d'un triplet (C_1, C_2, C_3) de champs deux fois différentiables de n-éléments de contact X_n, X'_n, Y_n deux à deux supplémentaires (d'où trois champs d'automorphismes $\mathcal{I}_x$, $\mathcal{J}_x$, $\mathcal{K}_x$ de l'espace tangent R_x^{2n} à V_{2n} en $x \in V_{2n}$ et un quatrième champ C_4 de n-éléments $Y'_n = \mathcal{I}_x Y_n$) détermine une structure subordonnée à

(²) *Voir* BOURBAKI, *Algèbre*, Chap. II, p. 108 et ex. 4, p. 115. On réservera le terme quaternionien (au sens strict) pour les quaternions usuels.

la structure $T(V_{2n})$ des vecteurs tangents à V_{2n}, de groupe structural $\hat{L}_n$ [ou *structure infinitésimale régulière* ([3]) à groupe structural $\hat{L}_n$].

THÉORÈME. — *Sur une variété V_{2n} une structure infinitésimale régulière $\mathfrak{G}$ à groupe structural $\hat{L}_n$ est déterminée par la donnée d'un triplet* (C_1, C_2, C_3) *de champs de n-éléments X_n, X'_n, Y_n deux à deux supplémentaires ou par la donnée de l'un des couples* $(\mathcal{I}_x, \mathcal{J}_x)$, $(\mathcal{I}_x, \mathcal{K}_x)$ ou $(\mathcal{J}_x, \mathcal{K}_x)$ *de champs d'automorphismes tels que :* $(\mathcal{I}_x)^2 = -1$, $(\mathcal{J}_x)^2 = 1$, $(\mathcal{K}_x)^2 = 1$, $\mathcal{I}_x\mathcal{J}_x = -\mathcal{J}_x\mathcal{I}_x = \mathcal{K}_x$ *ou encore par la donnée d'un champ d'automorphismes et d'un champ de n-éléments réels* (structure $\mathfrak{S}$ de III).

La structure $\mathfrak{G}$ peut être déterminée par tout triplet $(C^{(\mu_1)}, C^{(\mu_2)}, C^{(\mu_3)})$ de champs dépendant de trois fonctions arbitraires μ_1, μ_2, μ_3 ([4]). Si l'un des champs C est complètement intégrable, on peut définir canoniquement sur ses variétés intégrables une connexion à courbure nulle.

Supposons $n = 2p$. La structure $\mathfrak{G}$ est à groupe structural L''_p. Une telle structure sera dite *presque quaternionienne de deuxième espèce* ([5]). Elle peut être déterminée localement par $2n$ formes de Pfaff complexes ϖ^α ou par $2p$ autres formes $\tilde{\varpi}^\beta = \Sigma u^\beta_\alpha \varpi^\alpha$, où les u^β_α sont des fonctions locales complexes définissant en chaque point une transformation de L''_p $\left(u^s_l = \overline{u}^{s'}_{l'},\ u^s_{l'} = \overline{u}^{s'}_l\right.$ où $\left.s, l = 1, \ldots, p;\ s' = s + p;\ l' = l + p\right)$.
On associe à la structure une connexion affine ([6]) définie par :

$$(2)\quad \begin{cases} d\varpi^l = \Sigma\varpi^s \wedge \varpi^l_s + \Sigma\varpi^{s'} \wedge \varpi^l_{s'} + \Sigma H^l_{\alpha\beta}\varpi^\alpha \wedge \varpi^\beta + \Sigma K^l_{\alpha\beta}\overline{\varpi}^\alpha \wedge \overline{\varpi}^\beta & (s,\ l = 1, \ldots, p), \\ d\varpi^{l'} = \Sigma\varpi^s \wedge \varpi^{l'}_s + \Sigma\varpi^{s'} \wedge \varpi^{l'}_{s'} + \Sigma H^{l'}_{\alpha\beta}\varpi^\alpha \wedge \varpi^\beta + \Sigma K^{l'}_{\alpha\beta}\overline{\varpi}^\alpha \wedge \overline{\varpi}^\beta & (\alpha, \beta = 1, \ldots, 2p), \\ \varpi^l_s = \overline{\varpi}^{l'}_{s'},\ \varpi^l_{s'} = \varpi^{l'}_s. \end{cases}$$

En posant : $\varpi^l = \omega^l + i\omega^{l'}$, $\varpi^{l'} = \omega^l - i\omega^{l'}$, retrouve les équations (III, 3). Appelons *structure quaternionienne de deuxième espèce* une structure presque quaternionienne *intégrable*. De même que pour les structures quaternioniennes ([5]), on obtient seulement des variétés *localement affines*.

([3]) C. EHRESMANN, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 587.

([4]) Dans III on considère une famille de champs dépendant d'une fonction λ : en chaque point I_x est fixé.

([5]) Les structures presque quaternioniennes ont été définies par Ch. Ehresmann (*Colloque de Topol. Alg.*, C. N. R. S., Paris, 1947).

([6]) Pour le groupe quaternionien on a : $u^l_s = u^{l'}_{s'}$, $u^l_{s'} = -\overline{u}^{l'}_{s'}$; sur une variété presque quaternionienne on peut définir une connexion affine par des relations analogues à (2) mais où : $\varpi^l_s = \overline{\varpi}^{l'}_{s'}$; $\varpi^l_{s'} = -\overline{\varpi}^{l'}_s$.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *La structure locale des corrélations spatio-temporelles dans un fluide turbulent.* Note de M. **Jean Bass**, présentée par M. Maurice Roy.

On étudie la résolution locale des équations qui relient les corrélations spatio-temporelles doubles et triples. Si la turbulence est isotrope et stationnaire, les solutions n'existent que si la viscosité est négligeable. Si l'on abandonne l'hypothèse de stationnarité, on trouve des solutions de forme analogue, mais valables sans restrictions.

Résolution locale des équations fondamentales. — Nous conservons les notations et définitions de notre précédente Note [1]. Nous supposons le fluide *incompressible*, et la turbulence *homogène*, *isotrope*, et pour commencer *stationnaire*. Nous nous proposons d'étudier ici, pour les petites valeurs de r et τ, la forme des corrélations spatio-temporelles compatibles avec les équations générales (9) et (10) de la Note précédente, et leurs relations avec les corrélations triples. Nous poserons :

$$(1)\quad \begin{cases} S(r,\tau)=3H_0(\tau)-\dfrac{r^2}{2}H_2(\tau)+\ldots, \\ H_0(\tau)=u_0^2-a\tau-\dfrac{b}{2}\tau^2+\ldots, \qquad H_2(\tau)=\alpha+\beta\tau+\dfrac{\gamma}{2}\tau^2+\ldots, \end{cases}$$

et, puisque, pour $\tau=0$, $K(r,\tau)$ doit être d'ordre 2 par rapport à r,

$$(2)\quad \begin{cases} K(r,\tau)=K_0(\tau)+\dfrac{r^2}{2}K_2(\tau)+\ldots, \qquad K_0(\tau)=k_1\tau+\dfrac{k_2}{2}\tau^2+\ldots, \\ K'(r,\tau)=K'_0(\tau)+\dfrac{r^2}{2}K'_2(\tau)+\ldots, \qquad K'_0(\tau)=k'_1\tau+\dfrac{k'_2}{2}\tau^2+\ldots. \end{cases}$$

On montre facilement que, grâce à l'homogénéité et à la stationnarité, $k'_1=k_1$. On déduit alors des équations (9) et (10) de la Note précédente que

$$(3)\quad \begin{cases} -a=\nu\alpha, \qquad -a=-\nu\alpha; \\ -b+k_1=\nu\beta, \qquad -b+k_1=-\nu\beta. \end{cases}$$

Discussion. — On a nécessairement $a=0$. On doit ensuite distinguer deux cas :

Premier cas : $\nu\neq 0$. — Alors $\alpha=0$, $\beta=0$, $k_1=b_1$ et

$$(4)\quad S(r,\tau)=3\left(u_0^2-\frac{b}{2}\tau^2\right)+\ldots, \qquad K(r,\tau)=b\tau+\frac{k_2}{2}\tau^2+\frac{r^2}{2}K_2(0)+\ldots.$$

Cette solution est à rejeter, car, pour $\tau=0$, $S(r,\tau)$ serait d'ordre supérieur à 2 par rapport à r. On doit donc supposer $\nu=0$, c'est-à-dire négliger

---

(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 806.

les termes de viscosité devant les termes d'inertie dans les équations du mouvement. *S'il y a dissipation d'énergie par viscosité, la turbulence ne peut être à la fois stable dans l'espace (homogénéité) et le temps (stationnarité).* Pour un fluide *incompressible,* cette permanence totale n'est compatible qu'avec une structure de fluide parfait.

Deuxième cas : $\nu = 0$. — On a alors $b = k_1$, $\alpha \neq 0$, d'où

$$S(r, \tau) = 3u_0^2 - \frac{3b}{2}\tau^2 - \frac{\alpha}{2}r^2 + \ldots, \tag{5}$$

$$\begin{cases} f(r, \tau) = 1 - \dfrac{b}{2u_0^2}\tau^2 - \dfrac{\alpha}{5u_0^2}\dfrac{r^2}{2} + \ldots, \\ g(r, \tau) = 1 - \dfrac{b}{2u_0^2}\tau^2 - \dfrac{\alpha}{5u_0^2}r^2 + \ldots. \end{cases} \tag{6}$$

On peut déduire de (6) l'expression des fonctions de corrélation qu'il est usuel de mesurer au laboratoire : corrélation longitudinale z_1 et transversale z_2 :

$$z_1 = R_{11}(\xi_1, 0, 0, \tau) = 1 - \frac{b}{2u_0^2}\tau^2 - \frac{\alpha}{10u_0^2}(\xi_1 - U\tau)^2 + \ldots, \tag{7}$$

$$z_2 = R_{11}(0, \xi_2, 0, \tau) = 1 - \left(\frac{b}{U^2} + \frac{\alpha}{5}\right)\frac{U^2\tau^2}{2u_0^2} - \frac{\alpha}{5u_0^2}\xi_2^2 + \ldots. \tag{8}$$

Si le nombre sans dimensions $(5/U^2)(b/\alpha)$ est petit, (7) est en bon accord avec l'expérience (²). Pour (8), il subsiste certaines divergences, qui peuvent être imputées à l'hypothèse d'isotropie.

Cas de la turbulence homogène et isotrope non stationnaire. — Les méthodes générales et les résultats précédents subsistent lorsqu'on abandonne l'hypothèse de stationnarité. Les formules donnant les diverses fonctions de corrélation se modifient seulement par la présence explicite du temps t à côté de τ. En particulier, il faut tenir compte de ce que les $\overline{u_x^2}$ dépendent de t. Les expressions de z_1 et z_2 sont de la forme (7), (8), à condition de changer la signification des paramètres α, b, et de poser maintenant

$$\alpha = -\frac{1}{2\nu}\frac{\partial}{\partial t}\overline{u_1^2}, \qquad b = \overline{\left(\frac{\partial u_1}{\partial t}\right)^2} - \frac{\alpha}{5}U^2 - \frac{\alpha^2\nu^2}{u_0^2},$$

avec

$$\frac{\partial}{\partial t}\overline{u_1^2} = -2\nu\alpha, \qquad \overline{u_1^2} = u_0^2.$$

Ainsi interprétées, les formules (7), (8) sont valables même lorsque la dissipation par viscosité n'est plus négligeable, mais il y a alors amortissement de l'agitation turbulente en fonction du temps.

(²) A. Favre, J. Gaviglio et R. Dumas, *Note technique O. N. E. R. A.*, n° 13/522 A, 1950.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les collisions entre atomes et électrons*

Note de M. S. KICHENASSAMY, présentée par M. Louis de Broglie.

On propose d'étudier les collisions entre atomes et électrons en imaginant la formation d'un complexe comme dans le cas des réactions nucléaires.

Nous nous proposons ici de développer une théorie générale des collisions entre atomes et électrons, sans vouloir négliger l'interaction moyenne entre l'atome et l'électron incident comme dans la méthode d'approximation de Born, ni considérer comme dans la méthode des « distorted Waves » l'interaction entre deux électrons comme petite par rapport à l'interaction de l'un de ces électrons avec l'atome ou par rapport à l'énergie de l'électron incident. Cela nous permettra sans doute d'expliquer l'existence constatée par M. H. Tellez Plasencia, d'un potentiel moyen d'ionisation des atomes environ deux fois plus grand que le potentiel minimum correspondant.

Nous supposons essentiellement que l'électron incident forme avec l'atome un complexe généralement virtuel au sens de la Mécanique ondulatoire : l'électron incident entre en interaction avec un grand nombre d'électrons atomiques et leur cède de l'énergie; cependant en raison des distances relativement grandes qui séparent ces électrons, il ne nous est point permis de supposer que l'électron incident perde toute son énergie cinétique initiale et d'envisager une répartition simple de cette énergie entre les divers constituants du complexe. Celui-ci a une énergie en général plus grande que celle du composé stable ayant les mêmes constituants et n'a, par suite, en vertu de la quatrième relation d'incertitude, qu'une vie très éphémère; la durée de vie est d'autant plus faible que l'énergie de l'électron incident est plus grande, et l'on peut admettre que tout rayonnement émis pendant cette durée infiniment petite τ ne peut qu'être virtuel, c'est-à-dire que ce rayonnement sera réabsorbé par exemple par les électrons émergents.

Bien entendu il peut arriver que l'énergie de l'électron incident soit suffisamment faible pour rendre τ appréciable : dans de tels cas on aurait affaire à l'ion négatif stable correspondant à l'atome considéré.

Pour développer cette théorie nous définissons comme hamiltonien du système (atome + électron) l'expression

$$\text{(1)} \qquad H=\sum_{\sigma=0}^{Z}\left(\Delta_\sigma^2+\frac{Ze^2}{r_\sigma}\right)+\sum_{\sigma=0}^{Z}\ \sum_{\tau=\sigma+1}^{Z}\frac{e^2}{r_{\sigma\tau}},$$

où $\sigma=0$ désigne l'électron incident, $\sigma=1, 2, \ldots, Z$ les électrons atomiques, r_σ la distance de l'électron σ au noyau, $r_{\sigma\tau}$ la distance mutuelle des électrons σ et τ.

Nous allons admettre que si $\varphi_1(r), \ldots, \varphi_n(r)$ est un système de fonctions orthonormées dans lequel s'exprime la fonction d'onde Ψ_{at} de l'atome, la nouvelle fonction d'onde Ψ décrivant l'évolution du système (atome + électron) pourra s'exprimer encore en fonction des mêmes $\varphi(r)$ avec bien entendu des coefficients $c(t)$ différents.

Nous pouvons supposer connus au temps $t=0$, avant toute interaction avec l'électron incident, les états des divers électrons, de telle sorte que

$$c_\sigma(0)=1 \qquad (\sigma=0, 1, \ldots, Z). \tag{2}$$

Nous écrirons alors que chacun de ces électrons passe par suite de l'interaction nouvelle introduite par l'électron incident, par un état virtuel σ' d'énergie $E_{\sigma'}$ et revient soit à son état initial, soit à un état du spectre discret de l'atome, soit encore à un état du spectre continu; il peut également arriver que deux des électrons échangent mutuellement leur place. Comme par ailleurs le système est conservatif, nous voyons qu'en calculant les $c_\sigma(T)$ où T désigne un temps où l'interaction a sûrement eu lieu, nous pourrons rendre compte des collisions donnant lieu au scattering élastique, à celui inélastique accompagné de l'excitation ou de l'ionisation de l'atome, et le tout avec ou sans phénomène d'échange.

En particulier si μ_i est la probabilité d'ionisation de l'électron atomique i et V_i le potentiel d'ionisation correspondant, le potentiel moyen d'ionisation sera donné par

$$V=\sum_{i=1}^{Z}\mu_i V_i.$$

Cette théorie qui présente l'intérêt de pouvoir englober tous les phénomènes dus à des collisions entre atomes et électrons permettra peut-être une explication de l'existence des ions négatifs, d'atomes deux fois excités (tels qu'ils sont connus en spectroscopie dans le cas des alcalinoterreux).

THERMODYNAMIQUE. — *Sur le rapport γ des chaleurs spécifiques de l'anhydride carbonique autour de la région critique.* Note (*) de M. **Jack Noury**, présentée par M. Gustave Ribaud.

A partir de la vitesse des ultrasons de 960 kHz dans CO_2 et des équations d'état expérimentales de Michels, la valeur apparente de $\gamma=(C/c)$ a été déterminée avec une précision de 5 % et comparée aux valeurs déduites des mesures de Herget à 260 kHz ainsi qu'à celles de Michels.

La position relative des courbes semble en accord avec le phénomène de dispersion de la vitesse du son en fonction de la fréquence.

Ayant déterminé la vitesse des ultrasons de 960 kHz dans l'anhydride carbo-

(*) Séance du 25 février 1953.

nique [1] par la méthode de diffraction de la lumière [2] j'ai calculé le rapport $\gamma = (C/c)$ des chaleurs spécifiques en fonction de la pression à la température de 31°C.

On sait que la vitesse du son est donnée par la relation de Laplace :

$$V^2 = -\gamma v \left(\frac{\partial p}{\partial v}\right)_T.$$

On peut obtenir immédiatement la valeur de γ en fonction du produit pv :

$$\gamma = \frac{V^2}{(pv)^2} p \left[v - \frac{\partial (pv)}{\partial p} \right].$$

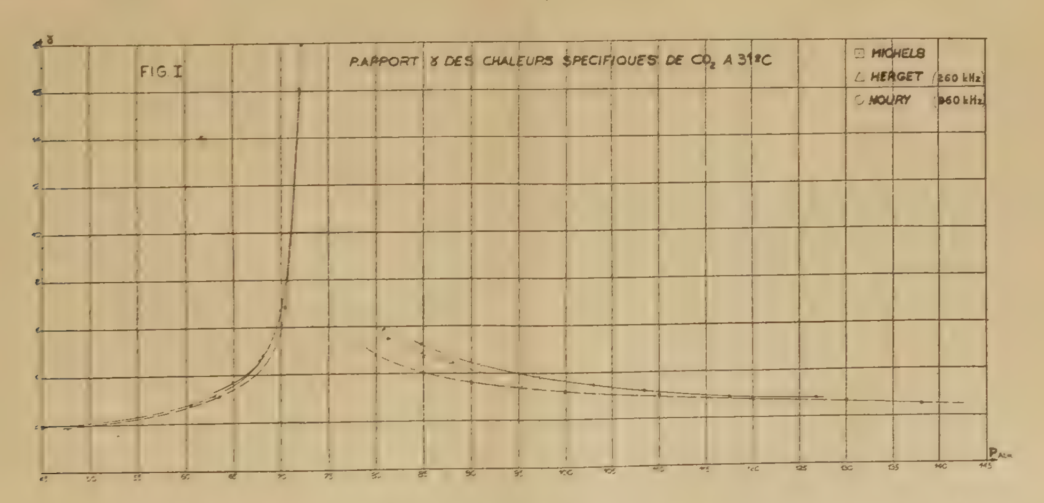
Si l'on introduit alors la densité ρ, la valeur γ devient :

$$\gamma = \frac{V^2}{pv} \left[\frac{1}{1 + \frac{\rho^2}{p} \frac{\partial (pv)}{\partial \rho}} \right].$$

Les valeurs $\partial(pv)/\partial\rho$ ont été obtenues à partir des équations d'état expérimentales de Michels [3] qui exprime le produit pv sous la forme :

$$pv = A + (B - \beta)\rho + C\rho^2 + Z\rho^3 + D\rho^4 + E\rho^6 + F\rho^8.$$

J'ai effectué des calculs analogues à partir des valeurs de la vitesse des ultrasons de 260 kHz obtenues par Herget [4] à l'aide de l'interferomètre acoustique.



Ces résultats sont groupés dans la figure I où ils sont comparés aux valeurs

---

([1]) J. Noury, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 516.

([2]) R. Lucas et P. Biquard, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2132.

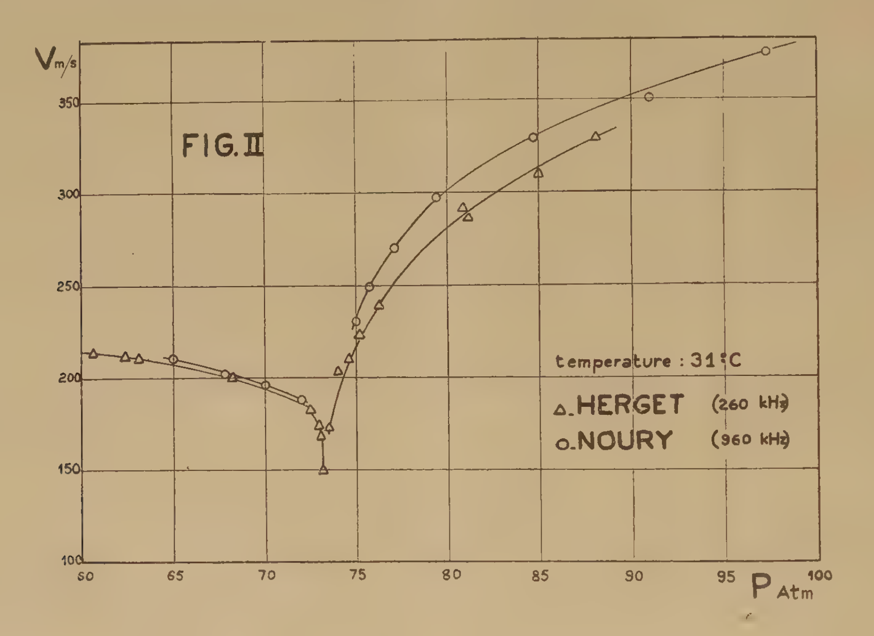
([3]) C. A. M. Michels-Veraart, *Thèse de Doctorat*, Amsterdam, 1937.

([4]) *J. Chem. Phys.*, 8, 1940, p. 537.

de γ déduites des valeurs de C_p et C_v calculées séparément [5] par Michels et ses collaborateurs à partir des mesures de compressibilité.

La précision moyenne des résultats obtenus à partir de la vitesse des ultrasons est de 5 % tandis qu'on peut admettre une erreur de 2 % sur les valeurs de γ déduites des mesures de Michels.

L'examen de la figure I montre que les valeurs obtenues à partir de la vitesse des ultrasons sont supérieures à celles obtenues par Michels et que pour une même pression et une même température, la valeur la plus élevée correspond à la fréquence ultrasonore la plus haute.



Ceci paraît en accord avec le phénomène de dispersion de la vitesse des ondes ultrasonores en fonction de la fréquence étudié par Kneser [6], [7] et Wallmann [8] dans l'anhydride carbonique et par Roy et Rose [9] dans l'hydrogène à des pressions voisines de la pression atmosphérique.

Les valeurs de la vitesse des ultrasons que j'ai obtenues à la fréquence de 960 kHz sont d'ailleurs plus élevées que celles de Herget à 260 kHz dans le même domaine de pression (*fig.* 2). Ceci semble confirmer la persistance du phénomène de dispersion en fonction de la fréquence dans les gaz polyatomiques aux pressions relativement élevées.

---

(5) A. MICHELS et S. R. DE GROOT. Communication of the « *Wan der Waals Fund* », n° 92.

(6) *Ann. der Phys.*, Lpz V II, 1931, p. 777.

(7) *Phys. Z.*, 32, 1931, p. 179.

(8) *Ann. der Phys.*, Lpz 21, 1934, p. 671.

(9) *Phys. Rev.*, II, 47, 1935, p. 335.

THERMODYNAMIQUE STATISTIQUE. — *Le troisième coefficient du viriel pour un potentiel intermoléculaire avec force répulsive en r^{-a}.* Note de M. **René Bergeon**, présentée par M. Eugène Darmois.

On sait que tous les gaz à potentiel intermoléculaire (6-12) (modèle de Lennard-Jones) obéissent rigoureusement à une loi d'états correspondants. L'emploi d'un potentiel $(6-a)$ défini par $V(r)=\varphi(a)\,\varepsilon^{\star}[(\sigma/r)^{a}-(\sigma/r)^{6}]$, avec a variantd'un gaz à l'autre, peut permettre de rendre compte des écarts à cette loi constatés même pour les gaz monoatomiques et assimilés.

La détermination exacte de a n'est pas possible avec le second coefficient du viriel, qui est tout aussi bien reproduit pour toutes les valeurs $8 \leq a \leq 14$ [1]. Mais les variations du 3e coefficient du viriel C(T) sont bien plus sensibles au choix de a.

Les constantes $\varepsilon^{\star}$ et σ désignent la profondeur du puits de potentiel et le diamètre de choc à énergie nulle; $\varphi(a)\equiv(6/a)^{a/(6-a)}/(a-6)$: par exemple $\varphi(12)=4$ pour le potentiel (6-12). Posant ensuite $\alpha=[kT/\varphi(a)\,\varepsilon^{\star}]^{(6-a)/a}$ et $U=\exp(-u^{-a}+\alpha u^{-6})$, la forme classique du 3e coefficient du viriel se ramène à

$$(1)\qquad C(T)=-\frac{8\pi^2\sigma^6 N^2}{3}\,\alpha^{\frac{6}{a-6}}\int_0^{\infty}\int_0^{\infty}\int_{|u-v|}^{u+v} uvw(U-1)(V-1)(W-1)\,du\,dv\,dw.$$

On sait que le calcul numérique en a été effectué, pour le seul potentiel (6-12), par Kihara d'abord de façon approchée, sous forme de développement en série [2]; puis par Bird, Spotz et Hirschfelder de façon rigoureuse par cartes perforées, pour certaines valeurs de α [3]. Mais il y a intérêt à calculer C(T) sous forme d'un développement, et pour diverses formes du potentiel, afin de pouvoir extrapoler avec plus de certitude vers les hautes températures, pour lesquelles précisément les forces répulsives ont le plus d'importance, et d'y déterminer plus exactement les excédents de chaleur spécifique.

L'intégrale triple dans (1) se ramène à

$$(2)\qquad \left[\int_0^{\infty} u(U-1)\,du\right]^3-3I(\alpha)$$

$$I(\alpha)=\int_0^{\infty}\int_0^{\infty}\int_{u+v}^{\infty} uvw(U-1)(V-1)(W-1)\,du\,dv\,dw.$$

Le calcul de l'intégrale entre crochets dans (1) est analogue au calcul

---

(1) R. H. Fowler et E. A. Guggenheim, *Statistical Thermodynamics*, 1949, p. 287.

(2) *J. phys. Soc. Japan*, 3, 1948, p. 265-268.

(3) *J. chem. Phys.*, 18, 1950, p. 1395-1402.

de B(T) :

$$\int_0^\infty u(U-1)\,du = \frac{1}{a}\sum_{n=0}^{\infty}\Gamma\left(\frac{6n-2}{a}\right)\frac{\alpha^n}{n!}.$$

L'intégrale $I(\alpha)$ peut aussi être développée en série de puissances de α, soit $I(\alpha)=C_0+C_1\alpha+\ldots+C_k\alpha^k$. Comme C_0 et C_1 ne se ramènent pas au coefficient général C_k de α^k, on développe la dérivée $d^2\,I(\alpha)/d\alpha^2$ que l'on écrit : $J(\alpha)-2K(\alpha)+L(\alpha)$, de sorte que

$$J(\alpha)=2\int\int_u\int_{u+v} uvw(u^{-6}+v^{-6}+w^{-6})UV[u^{-6}(W-1)+w^{-6}W]\,du\,dv\,dw,$$

$$K(\alpha)=\int_0\int_0\int_{u+v} uvw(u^{-6}+w^{-6})^2\,UW\,du\,dv\,dw,$$

$$L(\alpha)=\int_0\int_0\int_{u+v} uvw^{-11}\,W\,du\,dv\,dw.$$

Le principe du calcul est le suivant : on développe les diverses exponentielles, sauf $\exp(-u^{-a})$. Ainsi, pour $J(\alpha)$ on aboutit, après avoir effectué l'intégration en w et effectué le changement de variable $v=u/t$, à des sommes multiples telles que

$$\sum_{kqn\rho\sigma}\frac{(-1)^{n+q}\alpha^k}{\sigma!\,n!\,(an+6\sigma-2)\rho!\,q!\,(k-\rho-\sigma)!}$$
$$\times\int_0^\infty u^{5-6k-a(q+n)}\,e^{-u^{-a}}\,du\int_0^1 t^{a(q+n)+6\rho+6\sigma-5}(1+t)^{2-an-6\sigma}\,dt.$$

L'intégrale en u donne une fonction Γ d'Euler et l'on peut ensuite effectuer les sommations par rapport aux indices ρ et q. De plus, on peut voir qu'il suffit de ne conserver que les termes pour lesquels σ et n ont les valeurs 0 et 1, les termes suivants étant de l'ordre de 10^{-4} par rapport au premier.

Pour $K(\alpha)$, la sommation ne comporte que trois indices et elle peut se faire exactement. Quant à $L(\alpha)$, il se ramène à une simple fonction Γ. Tous calculs faits, on a

$$C_0=-\frac{2}{a}\,\frac{\Gamma\left(1-\frac{6}{a}\right)}{a-2}\int_0^1 t^{a-5}(1+t)^{2-a}(1+t^a)^{\frac{6}{a}-1}\,dt$$
$$-\frac{\Gamma\left(-\frac{6}{a}\right)}{a}\int_0^1 t^{-5}(1-t)^2\left[(1+t^a)^{\frac{6}{a}}-1\right]dt+\frac{1}{24a}\Gamma\left(-\frac{6}{a}\right),$$

$$C_1=-\frac{2}{a(a-2)}\int_0^1 t^{a-5}(1+t)^{2-a}(1+t^6)(1+t^a)^{-1}\,dt$$
$$+\frac{1}{a}\int_0^1 t^{-5}(1-t)^2(1+t^6)\ln(1+t^a)\,dt+\frac{1}{4}\int_0^1 t\ln t(1+t)^{-4}\,dt+\frac{13}{288}.$$

Nous ne donnons pas l'expression de C_k, assez compliquée.

Deux des intégrales dans C_k ont des valeurs faibles vis-à-vis des autres termes; seules les deux autres nécessiteront en fin de compte une évaluation exacte par les méthodes ordinaires d'intégration numérique.

Si l'on pose $C(T) = -(8\pi^2\sigma^6 N^2/3)C^*$, on a, dans le cas du potentiel (6 — 12), le développement limité au sixième terme,

$$C^* = -0,14407\alpha + 0,13296\alpha^2 - 0,031002\alpha^3 - 0,009873\alpha^4 - 0,0030161\alpha^5 - 0,00008076\alpha^6 + \ldots$$

Le tableau suivant présente, à titre de vérification, les valeurs de C^* ainsi déterminées pour les températures élevées, les coefficients d'ordre supérieur à 6 étant pris égaux à ceux, moins précis, de Kihara ([2]).

α	0,1	0,2	$0,2\sqrt{2}$	$0,5\sqrt{2}$	1
$\frac{kT}{\varepsilon^*}$	400	100	50	8	4
C^*[([3])]	—0,013106	—0,023752	—0,030882	—0,049363	—0,054437
C^*(Bergeon).....	—0,013110	—0,023761	—0,030882	—0,049337	—0,054405

Une publication future fera connaître les résultats complets pour divers exposants a, comparés aux données expérimentales.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur une nouvelle méthode de mesure de la permittivité des liquides en hyperfréquence.* Note (*) de MM. **Claude Brot** et **Marc Bruma**, présentée par M. Jean Cabannes.

La constante de propagation γ, dans un guide d'onde rectangulaire, d'une vibration électromagnétique simple de pulsation ω (longueur d'onde dans le vide λ_0), s'écrit

$$\gamma^2 = k^2 - \varepsilon^* \mu^* \omega^2, \tag{1}$$

ε^* et μ^* étant respectivement la constante diélectrique et la perméabilité magnétique du milieu qui remplit le guide, quantités en général complexes, k est une quantité réelle à déterminations multiples :

$$k^2 = \left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 + \left(\frac{n\pi}{b}\right)^2, \tag{2}$$

a et b étant les deux côtés de la section du guide, m et n des entiers qui définissent l'ordre de mode de propagation.

La constante de propagation (1) s'annule (« cut-off ») pour un guide rempli d'air, à une fréquence donnée et pour un mode de propagation donné, à condition que la géométrie du guide permette d'écrire

$$k_0^2 = \varepsilon_0 \mu_0 \omega^2. \tag{3}$$

(*) Séance du 18 février 1952.

Si l'on remplace l'air par un diélectrique dont la constante est sensiblement réelle ($\varepsilon^\star \neq \varepsilon'$) et dont la perméabilité est celle de l'air ($\mu^\star = \mu_0$), on peut annuler la constante de propagation pour la *même fréquence* et le *même mode*, à condition de réaliser une géométrie différente du guide permettant d'écrire

$$k'^2 = \varepsilon' \mu_0 \omega^2. \tag{4}$$

Les relations (3) et (4) permettent d'exprimer la constante diélectrique relative ($\varepsilon_r = \varepsilon'/\varepsilon_0$) du milieu remplissant le guide uniquement en fonction de la géométrie du guide, et ceci à fréquence et mode de propagation constants :

$$\varepsilon_r = \frac{k'^2}{k_0^2}. \tag{5}$$

Dans le cas du mode magnétique fondamental ($H_{1,0}$; $m = 1$; $n = 0$) la relation (2) prend une forme particulièrement simple qui permet d'écrire

$$\varepsilon_r = \frac{a_0^2}{a'^2}, \tag{6}$$

a_0 et a' étant les longueurs de « cut-off » du grand côté du guide, respectivement rempli d'air et d'un milieu de constante diélectrique relative ε_r.

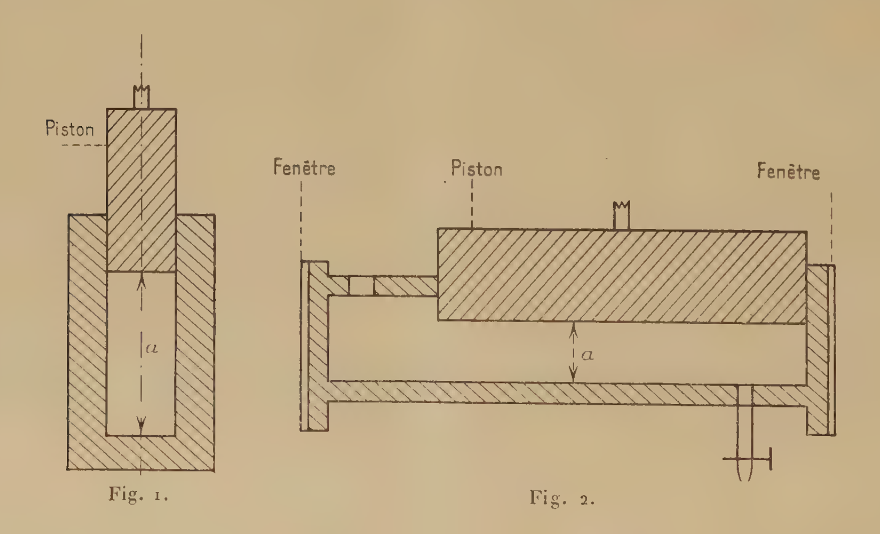


Fig. 1. Fig. 2.

Au delà du « cut-off » (γ réel), il n'y a plus propagation réelle d'énergie ; des champs électrique et magnétique en quadrature s'atténuent suivant l'axe z du guide :

$$E = E_0 \exp(j\omega t - \alpha z), \qquad \alpha = 8{,}69\sqrt{k^2 - \varepsilon' 4\pi^2 : \lambda_0^2} \quad (db\text{:cm}). \tag{7}$$

La relation (6) nous a amenés à réaliser une cellule de mesure constituée par une section de guide rectangulaire à largeur variable grâce à un piston latéral p. La figure 1 en représente une section transversale, la figure 2 une

section suivant l'axe du guide. La détection du « cut-off » s'effectue au moyen d'une sonde faiblement couplée à la cellule, reliée à un voltmètre à lampes par l'intermédiaire d'un cristal détecteur.

L'appareil utilisé actuellement est une première réalisation ; un appareil plus étudié est en construction. La formule (7) et l'expérience montrent que la détection du « cut-off » est d'autant plus aisée que le piston est plus long. Le calcul montre que pour un piston de 9 cm de long, la lecture de a' à 0,1 mm près suffit à assurer une précision de 1 % sur ε_r, à la longueur d'onde de 3,22 cm.

Premiers résultats. — Nous n'avons pas mesuré a_0 (largeur au cut-off dans l'air) mais simplement appliqué la formule valable dans le mode de propagation considéré ($H_{1,0}$)

$$a_0 = \frac{\lambda_0}{2} = 1,61 \text{ cm}.$$

Les mesures de a' effectuées à titre d'essai sur des liquides de permittivité connues, nous ont permis d'obtenir à 3,22 cm, les résultats suivants, à 25°C :

Corps.	Paramètre mesuré a' (cm).	ε_r calculé. $\varepsilon_r = \frac{a_0^2}{a'^2}$.	Tables (*). ε_r.
C_6H_6	1,07	2,28	2,2727
CCl_4	1,075	2,23	2,2339
Heptane	1,15	1,95	1,940

(*) Tables annuelles Hermann, Paris, 1937 et 1939.

Les possibilités d'extension de la présente méthode aux corps présentant des pertes notables, feront l'objet d'une Note ultérieure.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Sur le calcul du taux d'ondes stationnaires en hyperfréquences.* Note (*) de M. **Jean Benoit**, présentée par M. Eugène Darmois.

Il est bien connu que l'on peut déterminer le taux d'ondes stationnaires ρ le long d'une ligne en relevant, grâce à une sonde détectrice, l'intensité du champ électrique au voisinage d'un minimum. Si le détecteur est quadratique, l'équation de la courbe relevée est

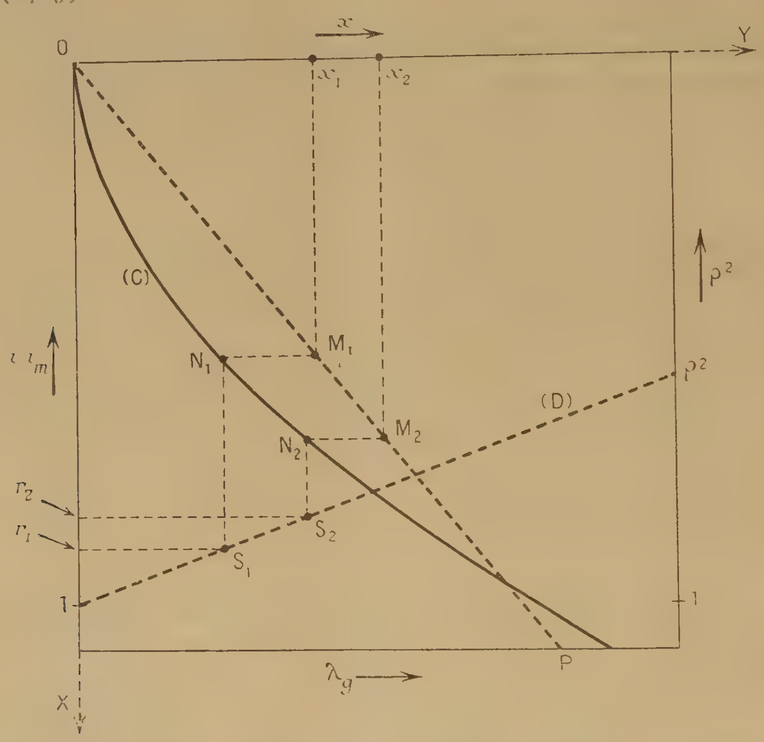
$$\frac{i}{i_m} = 1 + (\rho^2 - 1)\sin^2\frac{2\pi x}{\lambda_g}, \tag{1}$$

avec les notations suivantes : x, position de la sonde par rapport à l'emplacement d'un minimum ; λ_g, longueur d'onde sur la ligne de mesure ; i, courant détecté à la position x ; i_m, détecté à la position $x = 0$ (minimum de i). Pour avoir une détermination sûre on doit calculer ρ en mesurant x pour diverses valeurs de (i/i_m) et prendre ensuite une moyenne ; ce procédé est assez long.

(*) Séance du 18 février 1952.

Nous avons établi un abaque qui permet une détermination graphique rapide de la valeur moyenne de ρ^2 et qui montre également si la détection est bien restée quadratique dans tout le domaine de mesure.

Cet abaque comporte quatre échelles (λ_g, x, i/i_m, ρ^2) et une courbe C. Cette courbe a pour équation dans le système d'axes OX, OY : $Y = \sin^2 2\pi X$, avec $X = (x/\lambda_g)$.



N. B. : Pour plus de clarté, les échelles de x, λ'_g, i/i_m et ρ^2 n'ont pas été tracées.

On mesure la longueur d'onde λ_g et l'on trace la droite OP ; pour une valeur mesurée x_1 on tire la ligne x_1M_1 (M_1 intersection avec OP); l'abscisse X de M_1 est donc égale à x_1/λ_g (moyennant un choix convenable de l'échelle des X).

En tirant une horizontale de M_1, on obtient N_1 sur (C). N_1 a donc une coordonnée $Y = \sin^2 2\pi(x/\lambda_g)$.

Enfin, on tire la verticale de N_1 et l'horizontale passant par le point r_1 de l'échelle i/i_m qui représente la valeur i/i_m mesurée lorsque $x = x_1$. L'intersection est S_1 ; il est clair que S_1 est un point de la courbe d'équation (1). Or cette courbe doit être une droite puisque $Y = \sin^2(2\pi x/\lambda_g)$. Une deuxième mesure donnera r_2, x_2, M_2, N_2, S_2, et ainsi de suite.

On trace la courbe passant par le point 1 de l'échelle i/i_m et par les points S_1, S_2, etc. Si la détection a été bien quadratique, ce doit être une droite. La pente de cette droite D_2 est $\rho^2 - 1$. Une échelle convenable graduée en valeurs de ρ^2 fournit ρ^2 à l'intersection avec la droite D.

Nous utilisons un abaque qui comporte deux échelles de ρ^2 (de 1 à 9 et de 9 à 35) donc deux courbes C_1 et C_2 et un autre du même type (ρ^2 de 30 à 200 et de 200 à 800); on peut en construire pour les valeurs supérieures.

Moyennant un choix convenable des échelles, on trouve ainsi des valeurs de ρ qui ne s'écartent pas de plus de 0,5 % des valeurs obtenues par un calcul à la machine beaucoup plus long.

OPTIQUE. — *Sur les propriétés optiques des couches multiples alternées.* Note de M. **Nicolas Cabrera**, présentée par M. Albert Pérard.

L'on étudie le spectre d'un système de couches alternées en fonction de l'angle d'incidence.

1. Considérons un milieu stratifié comportant alternativement des couches transparentes d'indices n_1 et n_2 et d'épaisseurs d_1 et d_2. La structure de ce système étant périodique, on prévoit qu'il doit se comporter comme un filtre passe-bandes [1]. Lord Rayleigh [2] a montré depuis longtemps qu'il en est bien ainsi. Ce problème a été repris récemment par beaucoup d'auteurs, notamment A. Herpin [3], F. Abelés [4] et A. Herpin et Ch. Dufour [5], avec des méthodes matricielles très élégantes permettant l'obtention directe des formules, nécessairement très compliquées, qui expriment les facteurs de réflexion, de transmission et les changements de phase d'un nombre limité de couches. La discussion physique de ces formules est malheureusement très pénible, les paramètres étant trop nombreux.

Le but de cette Note est de montrer qu'il est préférable de procéder en deux étapes :

1° Étudier les modes de propagation à l'intérieur d'un ensemble de couches en nombre infini; on en déduit facilement le diagramme des bandes de réflexion et de transmission, qui est indépendant du nombre des couches.

2° Utiliser ces résultats pour faciliter le calcul des propriétés optiques d'un nombre fini de couches; cette deuxième partie fera l'objet d'une prochaine Note.

2. En utilisant la méthode matricielle introduite par Herpin, l'on montre facilement que le champ électromagnétique à l'intérieur de la couche p contient un facteur $\exp(-p\psi_t)$ où ψ_t est donné par

$$\operatorname{ch}\psi_t = \frac{\cos 2\delta - r^2 \cos 2\varepsilon}{1 - r^2}, \tag{1}$$

---

(1) L. Brillouin, *Wave propagation in periodic structures*, New-York, 1946.

(2) *Proc. Roy. Soc.*, Londres, 93 A, 1917, p. 565.

(3) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 182.

(4) *Ann. Phys.*, 5, 1950, p. 706.

(5) Sous presse.

avec les notations

$$2\delta = \frac{2\pi}{\lambda}(n_1 d_1 \cos\theta_1 + n_2 d_2 \cos\theta_2), \qquad 2\varepsilon = \frac{2\pi}{\lambda}(n_1 d_1 \cos\theta_1 - n_2 d_2 \cos\theta_2),$$

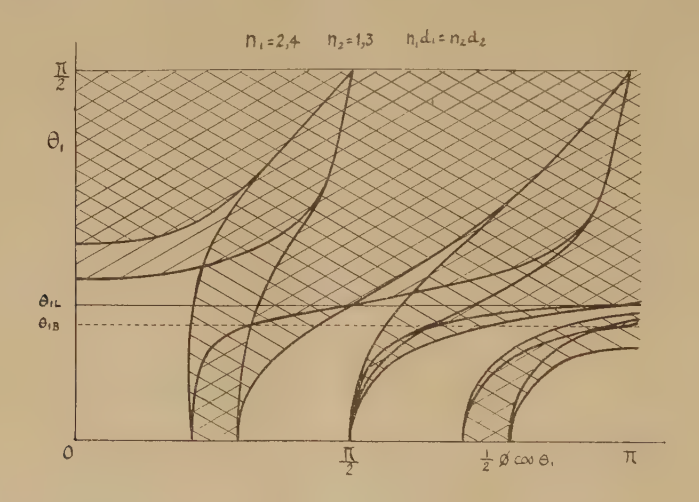
θ_1 et θ_2 étant les angles d'incidence dans les deux sortes de couches, et r le coefficient de réflexion (amplitude) entre les deux milieux n_1 et n_2. Il est donc clair que l'on a une propagation atténuée (réflexion) ou sans atténuation (transmission) selon que $\operatorname{ch}^2\psi_t \gtrless 1$.

En fonction de la fréquence, et pour une géométrie donnée, les bandes de réflexion et de transmission sont séparées par les solutions des deux équations

$$\cos^2\delta = r^2\cos^2\varepsilon, \tag{2}$$

$$\sin^2\delta = r^2\sin^2\varepsilon. \tag{3}$$

On aura donc en général deux types de bandes de réflexion, les « bandes cosinus » comprises entre deux solutions successives de (2), et les « bandes sinus » comprises entre les solutions de (3). Les bandes de réflexion sont



d'autant plus larges que r est plus élevé. Pour r donné les bandes cosinus sont d'autant plus larges que les bandes sinus sont plus étroites et vice versa. En particulier, pour l'incidence normale, les bandes sinus disparaissent pour $n_1 d_1 = n_2 d_2$; alors la demi-largeur de la bande cosinus de premier ordre s'écrit

$$\Delta\lambda = \left(\frac{2}{\pi}\right) r\lambda_0, \qquad \lambda_0 = 4 n_1 d_1,$$

en admettant des valeurs de r assez petites, ce qui est le cas général.

3. La figure représente le diagramme des bandes de réflexion (hachurées) et de transmission (non hachurées), pour le cas $n_1 d_1 = n_2 d_2 = (\lambda/2\pi)\varphi$, avec $n_1 = 2{,}4$, $n_2 = 1{,}3$. L'on a porté en ordonnées l'angle d'incidence θ_1 dans le milieu d'indice plus élevé, et en abscisses la quantité $(1/2)\varphi\cos\theta_1$ qui est

proportionnelle à la fréquence. Les deux cas de polarisation se distinguent d'une façon remarquable pour l'incidence de Brewster θ_{B}; en effet r devenant nul pour l'un d'eux, les bandes de réflexion correspondantes disparaissent complètement; il s'ensuit que, pour un domaine de fréquence et d'incidence assez étendu, le système de couches restera très réfléchissant pour la polarisation normale, tandis qu'il le sera très peu pour la polarisation parallèle au plan d'incidence, ce qui peut avoir des applications pratiques. L'on remarquera aussi que l'angle limite θ_{L} ne constitue pas un angle critique; en particulier aux incidences supérieures le système peut parfaitement transmettre la lumière.

ÉLECTROLUMINESCENCE. — *Énergie rayonnée dans différents domaines de longueurs d'onde par les décharges condensées dans le krypton. Comparaison avec les résultats obtenus avec le xénon.* Note de M. **Roger Legros**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons, dans une précédente Note (¹), donné les résultats de mesures des énergies rayonnées par les décharges condensées dans le xénon, dans différents domaines de longueurs d'onde situées entre les limites 0,32 et 2,6 μ. Les résultats rapportés ci-dessous ont été obtenus en utilisant le même tube à décharge, le même circuit de décharge et le même dispositif de mesures, de façon à permettre la comparaison avec les décharges dans le xénon.

Rappelons que le tube en pyrex est circulaire : diamètre moyen 100 mm, longueur 330 mm, diamètre intérieur 4 mm; il est situé à 50 cm d'une thermopile de Moll, type E2, connectée à un galvanomètre Zernicke Zc. Les mesures ont été faites, comme précédemment, sous différentes pressions (10 à 200 mmHg) pour différentes capacités (23 à 90 μF) et différentes tensions (0,6 à 2 kV). Nous avons mesuré en valeurs relatives les énergies rayonnées R_g, R_{uv}, R_v, R_p et R_{ir} dans les mêmes domaines de longueurs d'onde que pour les décharges dans le xénon. Ici encore, nous avons calculé les rapports ρ_{uv}, ρ_v, ρ_p et ρ_{ir} des énergies R_{uv}, R_v, R_p et R_{ir} à l'énergie du rayonnement global R_g.

Les principaux résultats obtenus sont les suivants :

a. Comme pour le xénon, le rayonnement global $R_g(0,32 < \lambda < 2,6\,\mu)$, pour C et V constants, croît tout d'abord rapidement quand la pression p augmente, puis atteint une valeur maxima constante lorsque p est supérieur à une valeur p_m. Ce résultat avait été indiqué par Laporte, Legros et Roux (²), Comme pour le xénon également, p_m croît en même temps que la tension V, mais, contrairement au cas du xénon, par contre, p_m dépend peu de la capacité C.

(¹) *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 718.
(²) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1265.

Le rayonnement global R_g pour les pressions supérieures à p_m, croît un peu plus vite que l'énergie électrique de la décharge, $E = C.V^2/2$, résultat déjà obtenu avec le xénon.

Soit $r_g = (R_g)_{Xe}/(R_g)_{Kr}$ le rapport des énergies globales rayonnées par des décharges dans le xénon et dans le krypton, dans les mêmes conditions de pression, capacité et tension. Il résulte de nos mesures que r_g reste compris entre 1,25 et 2,1, sa valeur dépendant à la fois de p, C et V. r_g décroît quand p augmente et tend vers une valeur minima sensiblement constante pour les pressions supérieures à 80 ou 100 mmHg (pour $C = 90\,\mu F$, $V = 2\,kV$: $r_g = 1{,}6$, 1,4 et 1,37 pour $p = 25$, 50 et 100 mm Hg). r_g diminue quand la tension augmente, cette variation étant la plus marquée aux faibles tensions (pour $C = 90\,\mu F$, $p = 50$ mm Hg : $r_g = 1{,}8$, 1,58, 1,45 et 1,4 pour $V = 0{,}6$, 1, 1,5 et 2 kV). r_g augmente un peu quand C augmente (pour $p = 100$ mm Hg, et $V = 2$ kV : $r_g = 1{,}25$, 1,28, 1,35 et 1,38 pour $C = 23$, 47, 68 et 90 μF).

b. Comme dans le cas du xénon, le rapport ρ_{uv}, relatif à l'ultraviolet $(0{,}32 < \lambda < 0{,}42\,\mu)$ ne dépend pratiquement pas de C; il croît quand la tension augmente, et décroît quand la pression augmente. Par exemple : pour $V = 2$ kV, $\rho_{uv} = 0{,}165$ et 0,105 pour $p = 20$ et $p \geqq 100$ mmHg; les valeurs correspondantes dans le cas du xénon étaient $\rho_{uv} = 0{,}11$ et 0,09 environ. Les éclairs dans le krypton sont donc, relativement à l'énergie globale, plus riches en U.V. que les éclairs dans le xénon; cependant, les énergies rayonnées dans l'ultraviolet par le xénon sont plus grandes du fait que $(R_g)_{Xe}/(R_g)_{Kr}$ est supérieur à $(\rho_{uv})_{Kr}/(\rho_{uv})_{Xe}$ pour des éclairs identiques en ce qui concerne p, C et V.

c. Comme avec le xénon, le rapport ρ_v relatif au domaine visible $(0{,}42 < \lambda < 0{,}68\,\mu)$ ne dépend pas de C, augmente en même temps que la tension V et diminue quand la pression augmente. Les valeurs de ρ_v pour le krypton sont un peu plus faibles (d'environ 5 %) que pour le xénon.

d. Les valeurs de ρ_p (infrarouge photographique : $0{,}68 < \lambda < 0{,}82\,\mu$) et de ρ_{ir} (infrarouge vrai : $0{,}82 < \lambda < 2{,}6\,\mu$) sont pratiquement les mêmes, en fonction de p, C et V pour les décharges dans le krypton et dans le xénon.

En résumé : il résulte de nos mesures que si l'on considère des éclairs identiques en ce qui concerne le tube, la pression, la tension et la capacité et différant uniquement par la nature du gaz : xénon ou krypton :

1° Les énergies rayonnées par le xénon, entre 0,32 et 2,6 μ, sont 1,25 à 2,1 fois plus grandes que les énergies rayonnées par le krypton.

2° Les répartitions spectrales relatives des fonds continus présentent sans doute peu de différences puisque les rapports ρ, définis plus haut, sont sensiblement les mêmes pour le xénon et pour le krypton (sauf peut-être dans l'U. V. qui est un peu plus abondant dans le krypton).

Ces résultats confirment l'avantage, signalé dès 1935 par M. Laporte, que présente l'emploi du xénon pour la production d'éclairs de grandes énergies de rayonnement.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Réactions induites par tritons dans des émulsions photographiques*. Note (*) de M. **Pierre Cüer** et Mme **Denyse Magnac-Valette**, présentée par M. Louis Leprince-Ringuet.

L'étude détaillée de plaques nucléaires chargées au lithium et exposées à un flux de tritons nous a permis de mettre en évidence les étapes de trois réactions nouvelles $Li_3^6\ (t, n)\, 2\, He_2^4$, $Li_3^7(t, 2n)\, 2\, He_2^4$ et $N_7^{14}(t, p, n)\, N_7^{15}$, ainsi que la prédominance des désintégrations à trois corps et la production de neutrons.

Les tritons sont initialement produits [1] à 90° d'un faisceau intense de deuterons incidents sur une cible épaisse de Be^9. Ils sont ensuite déviés à 15° par un champ magnétique et canalisés dans un long tube (élimination des neutrons) à l'extrémité duquel ils pénètrent dans l'émulsion sous $\sim 7°$ [2]. Les tritons d'énergie $\sim$ 3,8 MeV sont parallèles dans l'émulsion et effectuent un certain nombre de chocs élastiques dont le plus fréquent est le choc triton-proton. Sa section efficace totale moyenne est trouvée égale à 1,9 barns, en accord avec la valeur donnée pour les chocs protons-tritons [3]. On a également observé des réactions nucléaires à bilan élevé où, le moment n'étant pas conservé entre les particules chargées, il faut admettre qu'un ou deux neutrons sont émis. La conservation des moments qui permet de calculer le moment des neutrons et le principe de la conservation de l'énergie nous donnent la valeur du bilan s'il y a un neutron et les limites des valeurs possibles s'il y en a deux. En comparant les valeurs trouvées aux prévisions théoriques déduites de la connaissance des masses et en calculant les excitations des noyaux intermédiaires, on a pu interpréter les réactions $Li_3^6(t, n)\ 2\,\alpha + 16$ MeV par l'intermédiaire de Be_4^{8*} (Exc. = 7,5 MeV) et $Li_3^7(t, 2n)\ 2\,\alpha + 8,9$ MeV avec deux intermédiaires possibles Be_4^{8} ou He_2^6. Dans une de ces réactions, He_2^6 (certain) correspond à un état d'excitation $\sim$ 6 MeV $\pm$ 1, inconnu jusqu'à présent, mais on n'a pu décider en raison de l'erreur si le stade ultérieur de cette réaction se fait ou non par émission d'un bineutron. Une autre peut s'expliquer par les deux schémas (niveau du Be_4^8 à 3 MeV ou niveau de He_2^6 à 6 ou 9 MeV). Deux désintégrations donnant un neutron, un proton et un noyau de recul proviennent de l'azote : $N_7^{14}(t, pn)\ N_7^{15} + 2,5$ MeV. Les études faites par d'autres chercheurs sur $(N_7^{15} + d)$, les conditions de température requises pour l'émis-

(*) Séance du 25 février 1952.

(1) Les expositions ont été effectuées au cours de ces deux dernières années à l'Institut de Recherches nucléaires de Strasbourg (Directeur S. Gorodetzky).

(2) Le dispositif expérimental de grande précision a été réalisé par M. Liess.

(3) R. S. Claassen, R. B. Brown, G. D. Freier et W. R. Stratton, *Phys. Rev.*, 82, 1950, p. 589.

sion d'une particule ne nous ont pas permis de décider entre les deux noyaux intermédiaires : O_8^{16} excité à 15 ± 1 MeV ou N_7^{16} excité à 4 ± 1. Nous avons trouvé un événement donnant deux protons et un neutron, inexplicable au point de vue énergétique par la désintégration d'un élément



(Deux exemples typiques de désintégrations.)

léger, mais qui pourrait s'expliquer par un processus Oppenheimer et Phillips sur un noyau lourd déjà étendu au triton par Kundu. Les désintégrations donnant deux particules ne peuvent pas être vues sur des plaques E_1 si le bilan est faible, parce qu'il est impossible de distinguer sur des traces courtes la nature de la particule, mais il est remarquable que nous n'ayons pas trouvé de telles réactions à bilan élevé comme par exemple C_6^{12} (t, p) C_6^{14}. Ceci peut s'expliquer par l'excitation toujours grande du noyau composé obtenu par entrée d'un triton dans un élément léger. Les conditions de température peuvent faire supposer que C_6^{14} est laissé de préférence dans un état excité. A l'énergie où nous opérons, il ne peut se désexciter que par γ. Le proton émis initialement étant court ne peut être distingué d'un triton ayant subi un choc.

Nos conclusions générales, réactions donnant plus de deux corps, production d'un neutron explicable par la structure même du triton, ont été confirmées par les travaux récents d'Allen et Kundu qui ont trouvé par une autre méthode, en bombardant des éléments légers avec du tritium ionisé, des continuums et une production intense de neutrons. Notre section efficace des réactions Li (t, n) égale à $1,5 \pm 1$ barns est de l'ordre de celles de Crews [4] : 0,7 barn et Almqvist [5] : 1,5 barns.

RADIOACTIVITÉ. — *Étude de la transition* γ *de* 350 keV *accompagnant l'émission* α AcC → AcC″. Note (*) de MM. **Jean Teillac**, **Paul Falk-Vairant** et **Charles Victor**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Par la méthode des coïncidences, on détermine le coefficient de conversion interne et l'on montre que le rayonnement γ est un mélange de dipôle magnétique et de quadrupôle électrique.

Nous avons étudié les coïncidences α-électrons de conversion de la transition AcC $\overset{\alpha}{\rightarrow}$ AcC″ en employant un compteur Geiger et un compteur proportionnel. Ce dernier travaillait avec une amplification faible, telle que seules les particules α étaient comptées. La source était constituée par le dépôt actif de l'An en équilibre. Le nombre de coïncidences enregistrées est $N_c = N k_\alpha p k_e$ où N = nombre de désintégrations de la source; $N_\alpha = N k_\alpha$ nombre d'α détectés par le compteur proportionnel; p = nombre d'électrons de conversion par désintégration et k_e = probabilité de détecter un électron de conversion dans le compteur Geiger.

De l'étude du rapport N_c/N_α on déduit $p = 3,0 \pm 0,3$ %. Connaissant l'intensité de structure fine [1] on calcule le coefficient de conversion interne total $\alpha = 0,21 \pm 0,02$.

Dans une nouvelle détermination [2] du rapport entre le nombre d'électrons extraits de la couche K et ceux extraits de la couche L on trouve

$$\frac{N_{eK}}{N_{eL}} = 5,5 \pm 0,5;$$

ce qui conduit à $\alpha_K = 0,18 \pm 0,02$.

(4) *Phys. Rev.*, 82, 1951, p. 100.
(5) *Can. J. Research*, 28 A, 1950, p. 433.

(*) Séance du 25 février 1952.
(1) $\alpha_0 = 82,6$ %; $\alpha_1 = 17,4$ %. Ces nouvelles valeurs nous ont été communiquées par M. S. Rosenblum.
(2) P. Falk-Vairant (à paraître).

La comparaison de ces deux valeurs avec les courbes théoriques de α_K ([3]) et empiriques de N_{eK}/N_{eL} ([4]) permet de conclure que le rayonnement γ est probablement un mélange de quadrupole électrique et de dipole magnétique.

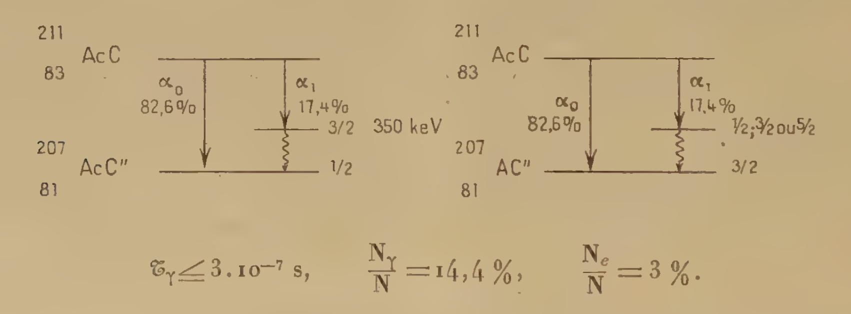
	α_K.	$\frac{N_{eK}}{N_{eL}}$.
E_2	0,045	1,7
E_3	0,11	0,7
M_1	0,28	7,5
Valeur expérimentale	0,18 ± 0,02	5,5 ± 0,05

La possibilité d'un rayonnement E_3 peut être exclue pour les raisons suivantes :

1° La période de l'état excité est certainement inférieure à 3.10^{-7} sec. (temps de résolution de notre appareil à coïncidences). Alors que pour un rayonnement E_3 la période devrait être de 10^{-4} sec environ.

2° Le rapport N_{eK}/N_{eL} serait beaucoup plus petit que la valeur expérimentale.

En admettant un mélange $M_1 + E_2$, on est conduit à une transition de spin $\Delta J = 1$ ou 0 avec $|J + J'| \geq 2$ sans changement de parité. Sachant que le spin du ^{207}Pb est 1/2 et que la transition β $AcC'' \xrightarrow{\beta} {}^{207}Pb$ est vraisemblablement une transition permise ([5]) ($J = 0$ ou 1), on est conduit aux deux possibilités suivantes :



$$\mathcal{T}_\gamma \leq 3.10^{-7} \text{ s}, \qquad \frac{N_\gamma}{N} = 14,4\,\%, \qquad \frac{N_e}{N} = 3\,\%.$$

D'autre part, le spin des isotopes de l'AcC" $^{203}_{81}$Tl et $^{205}_{81}$Tl étant 1/2, on peut penser que le premier schéma est plus probable.

Enfin remarquons que la transition de 350 keV de l'AcC" est très semblable à celle de 279 keV du $^{203}_{81}$Tl qui apparaît dans la désintégration $^{203}_{80}Hg \xrightarrow{\beta} {}^{203}_{81}Tl$ pour laquelle Goldhaber et Sungar ([4]) ont conclu également qu'il s'agissait d'un mélange $E_2 + M_1$.

([3]) M. E. Rose, G. H. Goestzel, B. I. Spintad, J. Haw et P. Shong, *Phys. Rev.*, 83, 1951, p. 79.

([4]) M. Goldhaber et A. W. Sungar, *Phys Rev.*, 83, 1951, p. 906.

([5]) A. M. Feingold, *Rev. Mod. Phys.*, 23, 1951, p. 10.

CHIMIE PHYSIQUE MACROMOLÉCULAIRE. — *Fixation du camphre par le nitrate de cellulose.* Note (*) de Mme **Fanny Boyer-Kawenoki** et M. **Georges Champetier**, transmise par M. Jacques Duclaux.

Le nitrate de cellulose à 12,28 % d'azote forme avec le camphre une combinaison moléculaire d'addition contenant sensiblement une molécule de camphre par motif nitroglucose.

J. Desmaroux [1] á observé que le camphre dissous dans un hydrocarbure aliphatique ne se fixe sur le nitrate de cellulose à 11,8 % d'azote que si la concentration de la solution de camphre est d'environ 40 %, tandis que la fixation de l'acétone sur le nitrate de cellulose, en présence d'un liquide inerte, a lieu pour de faibles concentrations en cétone. Ce résultat a été vérifié par d'autres chercheurs; ils ont supposé que l'encombrement spatial de la molécule de camphre ne lui permet que difficilement de pénétrer dans le réseau du nitrate de cellulose. Effectivement, en remplaçant l'hydrocarbure aliphatique utilisé comme solvant du camphre par du méthanol ou par un mélange d'hydrocarbure et d'acétone qui gonflent le nitrate de cellulose, la fixation de camphre par le dérivé cellulosique se produit même dans les solutions de camphre de faibles concentrations [2]. Cependant, le fait de mettre en œuvre deux composés actifs sur le nitrate de cellulose, sans que les méthodes employées aient donné la possibilité de déterminer la quantité fixée de chacun d'eux, rend difficile l'interprétation des résultats.

Nous avons repris l'étude de la fixation du camphre par un nitrate de cellulose à 12,28 % d'azote en recourant à la variante de la méthode des restes déjà décrite par l'un de nous [3].

5 g de nitrate de cellulose sec sont mis en contact, à 25°, avec 150 cm³ d'une solution de concentration connue de camphre dans le cyclohexane. Lorsque l'équilibre est atteint (15 jours à 1 mois), le nitrate de cellulose est essoré progressivement à la presse en prélevant, au cours de l'essorage, des prises d'essais contenant de moins en moins de la solution d'imprégnation. Dans chaque prélèvement, le camphre est d'abord extrait à l'aide de cyclohexane dans un appareil de Kumagawa; la solution est pesée et le camphre est dosé par une mesure d'indice de réfraction. Le nitrate de cellulose est séché à 72° et pesé. Le cyclohexane contenu primitivement

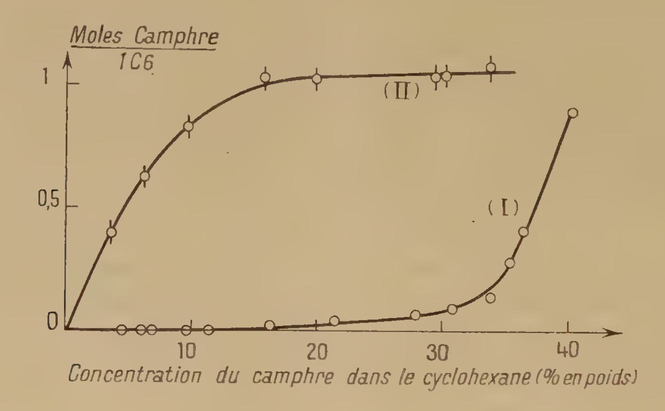
(*) Séance du 25 février 1952.

(1) *Mémorial des poudres*, 33, 1928, p. 54.

(2) H. Wadano, K. Hess et C. Trogus, *Z. Physik. chem.*, (B), 30, 1935, p. 159, 183; Th. Petitpas et J. Desmaroux, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 785.

(3) G. Champetier, *Ann. Chim.*, 20, 1933, p. 5; G. Champetier et J. Neel, *Bull. Soc. Chim.*, 1949, p. 930.

dans chaque prélèvement est déterminé par différence entre le poids de celui-ci et la somme des poids de camphre et de nitrate de cellulose. Les poids de camphre et de cyclohexane rapportés à un même poids de nitrate de cellulose dans les diverses prises d'essai varient linéairement l'un en fonction de l'autre. L'extrapolation de la droite obtenue permet de déterminer le poids de camphre qui resterait présent avec le nitrate de cellulose dans une prise d'essai limite ne contenant plus de solution d'imprégnation. Les résultats obtenus sont en bon accord avec ceux des chercheurs précédents (courbe I). La fixation du camphre par le nitrate de cellulose est nulle lorsque la concentration en camphre de la solution cyclohexanique est inférieure à 16 %; elle croît lentement de 16 à 33 %, puis elle augmente plus rapidement, tandis que le nitrate de cellulose perd peu à peu sa structure fibreuse. La gélatinisation commence à se produire dans les solutions de camphre à 40 %.



Il est possible cependant d'observer une fixation beaucoup plus importante de camphre par le nitrate de cellulose, pour les faibles concentrations des solutions cyclohexaniques de camphre, en dissolvant préalablement le nitrate de cellulose, à 45°, dans une solution concentrée de camphre 56 à 70 %), puis en ramenant à une valeur inférieure la concentration de la solution, par dilution avec du cyclohexane. Le nitrate de cellulose reprécipite en ayant fixé une certaine quantité de camphre que l'on peut déterminer par application de la méthode précédente. Dans les solutions cyclohexaniques de camphre de concentrations comprises entre 16 et 35 %, la quantité de camphre fixée par le nitrate de cellulose est alors sensiblement constante et égale à une molécule par motif nitroglucose (courbe II).

La faible fixation de camphre observée, en milieu hétérogène, en présence d'un solvant du camphre ne gonflant pas le nitrate de cellulose, est donc bien due à une réaction incomplète par suite de la difficulté de pénétration du camphre dans le réseau serré formé par les chaînes cellu-

losiques. En milieu homogène, le camphre et le nitrate de cellulose forment, au moins, une combinaison d'addition stœchiométrique. La plastification du nitrate de cellulose par le camphre résulte donc de la formation d'une combinaison moléculaire pouvant donner, éventuellement, une solution solide avec du camphre en excès.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les chromithiocyanates de thallium, argent, plomb, mercure et platine.* Note (*) de MM. **Triphon Karantassis** et **Paul Sakellaridis**, présentée par M. Paul Pascal.

Les chromithiocyanates préparés par nous répondent à la formule $[Cr(SCN)_6]M_3$ pour le thallium et l'argent, à la formule $[Cr(SCN)_6]_2M_3$ pour le plomb et le mercure, et à la formule $[C_2(SCN)_6]_4Pt_3$ pour le platine.

La méthode employée pour préparer ces sels complexes est l'action d'une solution de $[Cr(SCN)_6]_4K_3$ sur des solutions de sels de Th, Ag, Pb, Hg, Pt.

Chromithiocyanate de thallium. — En faisant agir une solution de $[Cr(SCN)_6]K_3$ sur une solution de sulfate, carbonate ou acétate de thallium, on obtient un précipité cristallin gris peu soluble dans l'eau, qui est décomposé par l'acide chlorhydrique à chaud.

L'analyse a montré que ce précipité est un chromithiocyanate correspondant à la formule : $[Cr(SCN)_6]Th_3$

%.	Trouvé.	Calculé.
Tl	60,31	60,49
Cr	5,30	5,13

Chromithiocyanate d'argent. — En opérant de la même manière avec une solution d'azotate d'argent, nous avons obtenu un précipité cristallin rosé qui est insoluble dans l'eau. Il est décomposé par l'acide nitrique à chaud.

A l'analyse, ce sel correspond à la formule $[Cr(SCN)_6]Ag_3$:

%.	Trouvé.	Calculé.
Ag	44,58	44,70
Cr	7,03	7,18

Chromithiocyanate de plomb. — En mélangeant les solutions aqueuses de $(NO_3)_2Pb$ et de $[Cr(SCN)_6]K_3$ on obtient un précipité brique insoluble dans l'eau.

A l'analyse, ce sel correspond à la formule $[Cr(SCN)_6]_2Pb_3$:

%.	Trouvé.	Calculé.
Pb	43,24	43,42
Cr	7,43	7,33

(*) Séance du 25 février 1952.

Ce complexe est décomposé très vivement par l'acide nitrique avec libération de O_4N_2.

Chromithiocyanate de mercure. — Par mélange des solutions alcooliques des sels $[Cr(SCN)_6]K_3$ et Cl_2Hg nous avons obtenu un précipité rosé insoluble dans l'eau.

A l'analyse ce sel correspond à la formule $[Cr(SCN)_6]_2Hg_3$:

%.	Trouvé.	Calculé.
Hg	42,78	42,90
Cr......................	7,34	7,41

Ce sel est décomposé très vivement par l'acide chlorhydrique à chaud.

Chromithiocyanate de platine. — En faisant agir une solution de $[Cr(SCN)_6]K_3$ sur une solution de Cl_4Pt on obtient un précipité marron qui, pulvérisé, présente une couleur rouge brique. Il est insoluble dans l'eau.

A l'analyse, il correspond à la formule $[Cr(SCN)_6]_4Pt_3$:

%.	Trouvé.	Calculé.
Pt......................	26,65	26,77
Cr......................	9,43	9,51

Ce sel se dissout dans la soude et il est décomposé par les acides chlorhydrique et nitrique à chaud.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les combinaisons moléculaires dérivées de l'anhydride tétrachlorophtalique.* Note (*) de MM. **N. P. Buu-Hoï** et **Pierre Jacquignon**, transmise par M. Marcel Delépine.

On étudie la formation des complexes d'addition colorés que donne l'anhydride tétrachlorophtalique avec une série de composés aromatiques et hétérocycliques. Les relations entre la structure moléculaire et la stabilité et la couleur de ces complexes sont examinées.

On connaît le rôle important en chimie organique analytique des composés polynitrés tels que l'acide picrique, le trinitro-1.3.5 benzène, la trinitro-2.4.7 fluorénone, etc., pour la caractérisation et la séparation des molécules polycycliques. Pfeiffer [1] a montré que l'anhydride tétrachlorophtalique est capable également de fournir des combinaisons moléculaires avec certains composés polycycliques; nous nous sommes demandé dans quelle mesure ce corps pourrait être utilisé, concurremment aux dérivés polynitrés classiques, pour des buts analytiques. Dans le cadre de ces recherches, nous avons préparé les complexes d'addition nouveaux suivants de l'anhydride tétrachlorophtalique :

(*) Séance du 18 février 1952.

(1) *Ber. deutsch. chem. Ges.*, 55, 1922, p. 413.

Composé polycyclique.	Aspect du complexe.	P. F. (ou décomp.).
β-méthylnaphtalène	aiguilles jaune pâle	dissoc. > 136°
α-fluoronaphtalène	» » »	» > 150°
α-bromonaphtalène	» » »	» > 150°
Diméthyl-1.6 naphtalène	» » serin	» > 160°
» -2.3 »	» » clair	F 191° (décomp.)
» -2.6 »	prismes jaunes	dissoc. > 150°
(β-phényléthyl)-6 diméthyl-2.3 naphtalène	primes jaune verdâtre	F 168°
Méthyl-1 naphtol-2	aiguilles jaune d'or	F 240° (décomp.)
» -6 » -2	prismes jaunes	F 175°
dihydroxy-1.6 naphtalène	aiguilles jaune brillant	dissoc. > 200°
» -2.3 »	prismes orangés	F 227-228°
» -2.6 »	aiguilles jaune brillant	F 235°
Chloro-1 tertiobutyl-6 naphtol-2	primes jaunes	dissoc. > 88°
Méthyl-5 acénaphtène	aiguilles jaune vif	dissoc. > 160°
Acétyl-5 acénaphtène	prismes jaunes	F 143°
Acénaphtylène	aiguilles jaunes	dissoc. > 200°
Rétène	» »	F 150°
Fluorène	» » pâle	dissoc. > 160°
Pyrène	» » vif	F 292°
n-propyl-3 pyrène	» » orangé	F 176
Chloro-3 pyrène	» » orangé	F 245
Formyl-3 pyrène	» » d'or	F 254
Dibenzo-1.2-4.5 pyrène	prismes orangés	F 263
Dibenzo-1.2-5.6 anthracène	prismes orangés	dissoc. > 225°
Méthyl-20 cholanthrène	aiguilles rouge vif	F 221°
Thianaphtène	» jaune clair	dissoc. > 150°
Isodinaphtylène oxyde	» vermillon	F 182°
Méthyl-3 indole	prismes rouges	dissoc. > 146°
» (pyrényl-3')-2 indole	prismes orangés	F 208°
» (nitro-3' phényl)-2 indole	aiguilles soyeuses orangées	F 209
» (*p*-tolyl-5' thiényl-2')-2 indole	prismes brun violacé	F 212
» (phényl-5' thiényl-2')-2 indole	prismes brun violacé	F 217
Ethyl-3 (diphénylyl-4')-2 indole	aiguilles rouge vermillon	F 198
n-amyl-3 (éthyl-9' nitro-3' carbazyl-6') indole	paillettes rouge foncé	F 190
(méthyl-5' thénoyl-2')-3 indole	prismes couleur chair	F 228
Indole	aiguilles soyeuses jaunes	dissoc. > 140°
Tétrahydro-1.2.3.4 carbazole	» feutrées rouges	F 197°
Pentaméthylène-2.3 indole	» rouge vif	F 156
Éthyl-9 carbazole	» feutrées orangées	F 118
n-butyl-9 carbazole	» orangées	F 108
Benzyl-9 carbazole	» vermillon	F 121
Diméthyl-3.9 carbazole	» orangées	F 181
» 3.6 éthyl-9 carbazole	» »	F 146
» 3.6 *n*-butyl-9 carbazole	paillettes orangées	F 110
Dibenzo-1.2-7-8 carbazole	aiguilles vermillon	F 273
Bromo-2' dibenzo-1.2-7.8 carbazole	» rouge foncé	F 253
Méthylthio-2' méthyl-3' dibenzo-1.2-7.8 carbazole	» framboise	F 226
Bromo-2' méthyl-6 benzo-1.2 carbazole	aiguilles orangées	F 220°

Composé polycyclique.	Aspect du complexe.	P. F. (ou décomp.).
Bromo-6 chloro-2′ benzo-1.2 carbazole.............	prismes orangés	F 211
Méthyl-6 méthylthio-2′ benzo-1.2 carbazole.........	aiguilles vermillon	F 204
Diméthyl-7.8 benzo-1.2 carbazole.................	» »	F 251
Chloro-6 diméthyl-2′-4′ benzo-1.2 carbazole.........	prismes orangés	F 225° (décomp.)
Diméthyl-7.8 benzo-3.4 carbazole.................	aiguilles rouge orangé	F 245°
Tertiobutyl-2′ dibenzo-1.2.5.6 dihydro-3.4 carbazole.	prismes lie de vin	F 191
Méthyl-7 (thiophéno-3′.2′)-1.2 carbazole...........	aiguilles rouge orangé	F 226° (décomp.)
Méthyl-6 (chloro-5′ thiophéno-3′.2′)-1.2 carbazole...	» orangées	F 223°
Benzo-5.6 (éthyl-5′ thiophéno-3′.2′)-1.2 carbazole...	» vermillon	F 220
Méthyl-6′ indéno-1′.2′-2.3 indole..................	prismes rouges	F 178
Diméthyl-5.6′ indéno-1′.2′-2.3 indole...............	» rouge foncé	F 208
Bromo-5 chloro-6′ indéno-1′.2′-2.3 indole...........	» orangés	dissoc. > 210°
Méthyl-5′ benzo-4.5 indéno-1′.2′-2.3 indole.........	paillettes lie de vin	F 228°

Les composés suivants n'ont pas fourni de complexes d'addition stables : le méthyl-9 fluorène, l'éthyl-9 fluorène, le thianthrène, la β.β-dinaphtylamine, le dihydroxy-2.7 naphtalène, le β-thionaphtol, l'amino-7 naphtol-2, le méthoxy-7 naphtol-2, et les composés hétérocycliques azotés à caractère basique accentué tels que les acridines. Par contre, l'hexaméthylbenzène a fourni un complexe cristallisé jaune, F 229°, stable.

En conclusion, il ressort de la présente étude que la faculté que possède l'anhydride tétrachlorophtalique de fournir des complexes stables avec de nombreux composés polycycliques peut servir avantageusement pour la caractérisation de ces composés. La couleur et la stabilité de ces complexes sont d'autant plus prononcées que les molécules de départ sont plus condensées; dans cet ordre d'idées, les complexes dérivés d'hydrocarbures cancérigènes, et ceux dérivés des indoles et carbazoles sont particulièrement remarquables.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Application des réactions de Friedel et Crafts et de Fries au salicylamide.* Note de M. **Robert Granger**, Mlle **Monique Corbier** et M. **Jacques Vinas**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'acétyl-5 salicylamide a été obtenu par réactions de Friedel et Crafts et de Fries. L'acylation en présence de Cl_3Al a permis de préparer une série d'acyl-5 salicylamides. Sont décrits également les dérivés 5-halogéno acétylés du salicylamide, de l'acide salicylique et du salicylate de méthyle.

Les acides salicylique [1], [2], O-acyl salicyliques [3] et leurs esters [4], [5] conduisent respectivement par réactions de Friedel et Crafts et de Fries, aux

(1) M. Bialobrzeski et M. Nencki, *Ber.*, 30, 1897, p. 1776.
(2) F. Seidel et O. Engelfried, *Ber.*, 69, 1936, p. 2567.
(3) K. W. Rosenmund et W. Schnurr, *Ann.*, 460, 1928, p. 89.
(4) H. Limpricht, *Ann.*, 390, 1896, p. 164.
(5) E. H. Cox, *J. Amer. Chem. Soc.*, 52, 1930, p. 352.

dérivés correspondants acylés en position 5. Par contre le salicylamide et ses dérivés n'ont pas été étudiés.

I. *Acétyl-5 salicylamide.* — Après contact de 12 h à 20°, en présence de Cl_3Al (2,6 mol) le chlorure d'acétyle (2 mol) réagit sur le salicylamide (1 mol en solution dans 10 parties de nitrobenzène) en donnant avec un rendement de 90 %, l'acétyl-5 salicylamide : F 217° (N % 7,81 pour 7,82). L'acide résultant de l'hydrolyse alcaline est identifié par son point de fusion (210°) avec l'acide acétyl-5 salicylique obtenu par action de Cl_3Al sur l'aspirine [3].

L'acétyl-5 salicylamide a été également obtenu par action de Cl_3Al sur le O-acétyl salicylamide (F 153°).

Les réactions de Friedel et Crafts et de Fries effectuées à 90° conduisent à l'acétyl-5 salicylamide, mais on identifie également une certaine quantité de N-acétyl salicylamide (F : 148°). Ce dernier apparaît au cours de réactions indépendantes de la présence de Cl_3Al. Ainsi à 90°, en milieu nitrobenzénique, le chlorure d'acétyle réagit sur le salicylamide en donnant le N-acétyl salicylamide à l'exclusion de tout autre dérivé. De même le chauffage du O-acétyl salicylamide à 80° dans le nitrobenzène l'isomérise presque quantitativement en N-acétyl salicylamide. Le nitrobenzène par sa structure polaire favorise cette transposition, car la même expérience réalisée dans le benzène provoque une isomérisation inférieure à 5 %. Le N-acétyl salicylamide ne subit pas de transposition analogue à celle de Fries.

La réaction de Fries sur le O-acétyl salicylamide s'effectue en deux temps, le premier est rapide : dès l'addition de Cl_3Al à 10°, le O-acétyl salicylamide est entièrement dissocié. Le deuxième temps est lent, après 2 h à 20°, il n'apparaît que 15 à 20 % d'acétyl-5 salicylamide. L'ion acétyle peut d'ailleurs se fixer sur une molécule plus réactive : l'action de Cl_3Al sur le O-acétyl salicylamide dans le benzène a uniquement pour résultat la formation d'acétophénone.

II. *Acyl-5 salicylamides.* — La méthode de préparation précédente permet d'obtenir une série d'acyl-5 salicylamides qui conduisent par hydrolyse alcaline aux acides acyl-5 salicyliques correspondants.

	Amide F.	N % théorie.	N % trouvé.	Acide F.
5-propionyl	216°	7,25	7,10	179° [5]
5-butyryl	183	6,76	6,62	153 [5]
5-isobutyryl	195	6,76	6,75	168 [6]
5-isovaléryl	182	6,33	6,19	178
5-diéthylacétyl	231	5,95	5,90	140
5-cyclopentane carbonyl	193	6,00	5,85	183
5-cyclohexane carbonyl	197	5,66	5,55	227
5-benzoyl	225	5,80	5,62	208 [4]

[6] E. D. AMSTUTZ, E. A. FEHNEL et C. R. NEUMOYER, *J. Am. Chem. Soc.*, 1946, 68, p. 349.

III. *Halogénoacétyl-5 salicylamides.* — L'halogénoacétylation nucléaire est beaucoup plus difficile que l'acétylation. Dans le nitrobenzène à 20° le chlorure de chloracétyle ne réagit pas sur le salicylamide; à 80°, on obtient le chloracétyl-5 salicylamide (F 238°).

Cette difficulté d'acylation est encore plus marquée lorsqu'on applique la réaction de Fries à l'acide O-chloracétyl salicylique. L'action de Cl_3Al se limite à la libération d'acide salicylique.

On peut cependant atteindre convenablement l'acide chloracétyl-5 salicylique (F 165°) en opérant en solution concentrée dans le sulfure de carbone avec de forts excès de chlorure de chloracétyle et de Cl_3Al. Ce dernier procédé a permis d'isoler les dérivés 5-bromacétylés du salicylamide (F 196°) et de l'acide salicylique (F 152°).

Les chloracétyl-5 salicylate de méthyle (F 110°) et bromacétyl-5 salicylate de méthyle (F 98°) sont facilement obtenus en milieu nitrobenzénique à 90°.

Dans l'acétone en présence d'iodure de sodium, les dérivés-5 chloracétylés du salicylamide et du salicylate de méthyle conduisent respectivement à l'iodacétyl-5 salicylamide (F 205°) et l'iodacétyl-5 salicylate de méthyle (F 95°).

Tous ces dérivés 5-acylés donnent une coloration rouge avec Cl_3Fe.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les acides α-phényl α-alcoyl (ou phénoalcoyl) glutariques.* Note de M. **François Salmon-Legagneur** et Mme **Cécile Neveu**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans le cadre d'un travail d'ensemble entrepris par l'un d'entre nous, soit seul ([1]), ([2]), soit en collaboration ([3]), ([4]), sur les diacides αα-diarylés ou α-arylés-α-alcoylés, nous avons cherché à préparer les acides glutariques αα-disubstitués du type suivant, R étant un radical alcoyle ou phénoalcoyle :

$$\begin{array}{l} C_6H_5{-}C{-}CH_2{-}CH_2{-}CO_2H \quad (\gamma) \\ \quad\ \ \diagup \,| \\ \ \ R \ \ | \\ \quad\quad CO_2H \quad (\alpha) \end{array}$$

et dont aucun terme n'avait été, semble-t-il, signalé jusqu'à présent.

Nous y sommes parvenus en utilisant une méthode analogue à celle qui a permis à l'un d'entre nous d'obtenir l'acide α-phényl α-benzylsuccinique ([4]). Les alcoyl- ou phénoalcoyl-cyanures de benzyle, sodés par l'amidure de sodium

---

([1]) F. Salmon-Legagneur, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1057 et 227, 1948, p. 437; *Bull. Soc. Chim.*, 6e série, 1951, p. 27; *Congrès des Sociétés savantes*, 1951, Section Sciences, p. 35 à 34.

([2]) F. Salmon-Legagneur, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 182.

([3]) F. Salmon-Legagneur et F. Soudan, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 681.

([4]) F. Salmon-Legagneur et H. Le Moal, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 126.

en milieu benzénique anhydre, sont mis à réagir avec l'éther β-bromopropionique et conduisent ainsi à un nitrile-ester α-phényl α-alcoylglutarique qu'on n'isole généralement pas et que l'on saponifie directement par la potasse alcoolique pour obtenir l'acide nitrile correspondant :

$$C_6H_5-CH(R)-CN \xrightarrow[+KOH]{+NaNH_2+Br(CH_2)_2CO_2C_2H_5} C_6H_5-C(R)(CN)-CH_2-CH_2-CO_2H.$$

Dans le meilleur cas, le rendement de cette opération est de 75 %, compte tenu de la récupération de la matière première qui n'a pas réagi.

Le passage de l'acide nitrile au diacide doit se faire ensuite en deux temps. L'action de SO_4H_2 à 85 % donne généralement avec un rendement quasi-quantitatif, soit l'acide-amide résultant de l'hydrolyse de la fonction nitrile, mélangé ou non à l'imide correspondant au diacide, soit cet imide seul. Enfin une hydrolyse terminale par chauffage à 150° environ, pendant une durée d'au moins 20 à 25 h, avec une solution concentrée de potasse à 40 % transforme lentement l'acide-amide ou l'imide (ou leur mélange) en diacide du type ci-dessus avec un rendement d'environ 70 %. L'ensemble des trois opérations successives se solde, en moyenne, par un rendement global de près de 40 % en produit brut pour les divers diacides qui sont ainsi parfaitement accessibles.

Nous avons appliqué cette méthode à l'obtention des trois diacides suivants : acide α-phényl α-éthylglutarique ($R=C_2H_5$), acide α-phényl α-propylglutarique ($R=n.C_3H_7$) et acide α-phényl α-benzylglutarique ($R=C_6H_5CH_2$). Nous donnons ci-dessous les constantes des différents produits isolés dans ces préparations pour chacun de ces trois composés.

Série de l'acide α-phényl α-éthylglutarique. — Acide nitrile (α), $C_{13}H_{15}O_2N$, F 92-93°; Acide-amide (α), $C_{13}H_{17}O_3N$, F 157-158°; Imide anhydre $C_{13}H_{15}O_2N$, F 83-84°; Imide cristallisé avec 1 mol H_2O, $C_{13}H_{15}O_2N, H_2O$, F 68-69°; Diacide, $C_{13}H_{16}O_4$, F 130-132°.

Série de l'acide α-phényl α-propylglutarique. — Acide nitrile (α), $C_{14}H_{17}O_2N$, F 63-65°; Acide-amide (α), $C_{14}H_{19}O_3N$, F 196-197°; Imide, $C_{14}H_{17}O_2N$, F 96-98°; Diacide, $C_{14}H_{18}O_4$, F 112-113°.

Série de l'acide α-phényl α-benzylglutarique. — Acide nitrile (α), $C_{18}H_{17}O_2N$, F 156°; Acide-amide (α), $C_{18}H_{19}O_3N$, F 209-210°; Imide, $C_{18}H_{17}O_2N$, F 153-154°; Diacide, $C_{18}H_{18}O_4$, F 166°; Anhydride, $C_{18}H_{16}O_3$, F 116-117°.

Les propriétés de ces diacides et de leurs dérivés semblent analogues à celles de leur homologue phénylé l'acide α.α-diphénylglutarique que l'un d'entre nous a préparé précédemment [2]. A noter cependant la relative solubilité dans l'eau, comparée à celle de ce dernier, des diacides α-éthylé et α-propylé. Pour ces deux termes d'ailleurs, il ne nous a pas été possible, jusqu'à présent, d'isoler les anhydrides correspondants sous forme cristallisée, mais seulement

sous forme huileuse. Par contre, des imides bien cristallisés ont pu être isolés dans les trois séries. Dans le cas où l'imide ne se formait pas dans l'hydrolyse sulfurique de l'acide nitrile (cas de la série α-phényl α-propylglutarique), nous sommes arrivés au résultat désiré en dissolvant à chaud l'acide-amide dans de l'acide chlorhydrique concentré qui donne, dans ces conditions, presque aussitôt l'imide avec un bon rendement.

Nous poursuivons actuellement l'étude détaillée de tous ces dérivés ainsi que la préparation d'autres homologues de la même série.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les monothiocarbamates dérivés d'amines secondaires.* Note de M. **Jacques Parrod**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'oxysulfure de carbone réagit avec les amines secondaires : diméthylamine, pipéridine, morpholine, en donnant les thiocarbamates correspondants. Leur propriété la plus remarquable est de fournir avec l'iode des combinaisons d'une molécule de disulfure et de quatre atomes de métalloïde.

La formation de monothiocarbamates, à partir d'amines secondaires et d'oxysulfure de carbone,

$$2\,{}^{R}_{R'}\!\!>\!NH + COS \rightarrow {}^{R}_{R'}\!\!>\!N-CO-SH,\ HN\!<\!{}^{R}_{R'}$$

a déjà été signalée [1], mais il ne semble pas que les auteurs se soient préoccupés d'isoler ces composés ou de les purifier.

Reprenant cette étude, j'ai obtenu, par la réaction précédente, les monothiocarbamates dérivés de la diméthylamine, de la pipéridine et de la morpholine.

Le diméthylthiocarbamate de diméthylammonium ($C_5H_{14}ON_2S$), préparé en milieu éthéré et recristallisé dans l'acétate d'éthyle, se présente sous forme de prismes incolores, jaunissant lentement, solubles dans l'eau, l'alcool, l'acétone, solubles à chaud dans le dioxane et l'acétate d'éthyle, moins solubles dans l'éther. Ils sont déliquescents et, chauffés, se volatilisent sans fondre.

Le pipéridine N-carbothioate de pipéridinium ($C_{11}H_{22}ON_2S$), se forme en milieu alcoolique, et, après évaporation de ce solvant, cristallise dans l'acétone bouillante en longs prismes incolores, très solubles dans l'eau et l'alcool, insolubles dans l'éther; F 117°.

La morpholine N-carbothioate de morpholinium ($C_9H_{18}O_3N_2S$), cristallise dans l'alcool en prismes incolores, solubles dans l'eau et l'alcool, peu solubles dans les autres solvants usuels.

---

(1) Sten Kallenberg, *Ber. d. dtsch. chem. Ges.*, 56, 1923, p. 316; A. D. Cunnings et H. E. Simmons, *Ind. and Ing. Chem.*, 20, 1928, p. 1173; L. J. Brady, *Analyt. Chem.*, 20, 1948, p. 512.

Ces trois composés donnent avec les sels de cuivre, de zinc, de cadmium et de plomb des précipités amorphes. Il y a exception pour le morpholine N-carbothioate de cadmium, qui se sépare en aiguilles blanches $(C_5H_8O_2NS)_2Cd$.

Ces sels, chauffés en milieu aqueux, se décomposent, avec formation du sulfure métallique correspondant.

Les monothiocarbamates décrits plus hauts, décolorent l'iode en solution aqueuse ou alcoolique, et l'on observe un virage net lorsque la proportion d'un atome d'iode par molécule est atteinte. Il est probable que la réaction débute par la formation d'un disulfure

$$2\,{}^{R}_{R'}\!\!>\!N{-}CO{-}SH,\ HN\!<\!{}^{R}_{R'} + 2I$$
$$\rightarrow {}^{R}_{R'}\!\!>\!N{-}CO{-}S{-}S{-}CO{-}N\!<\!{}^{R}_{R'} + 2HI,\ HN\!<\!{}^{R}_{R'}.$$

S'il m'a été impossible d'obtenir de telles substances, j'ai isolé des produits de leur combinaison avec l'iode. En effet, l'addition d'un grand excès d'iode à une solution aqueuse d'un thiocarbamate provoque la séparation d'un précipité. Celui-ci est visqueux si l'on part du dérivé de la pipéridine; par contre, les dérivés de la diméthylamine et de la morpholine donnent des solides purifiables par cristallisation dans l'alcool. L'analyse élémentaire montre qu'ils résultent de l'addition d'une molécule de disulfure, engendré par l'oxydation du thiocarbamate, et de quatre atomes d'iode.

$${}^{R}_{R'}\!\!>\!N{-}CO{-}S{-}S{-}CO{-}N\!<\!{}^{R}_{R'} + 4I.$$

Le composé obtenu à partir du diméthylthiocarbamate de diméthylammonium, $(C_6H_{12}O_2N_2I_4S_2)$, forme des aiguilles à éclat métallique violacé, brunes par transparence, F 110°, solubles dans les alcools méthylique et éthylique et l'acétone en brun, dans le chloroforme en rouge brunâtre, un peu solubles dans le benzène en rouge violacé, très peu solubles dans l'eau.

Le composé obtenu à partir du morpholine N-carbothioate de morpholinium, $(C_{10}H_{16}O_4N_2I_4S_2)$, feuillets à éclat vert foncé, F 85°, présente à peu près les mêmes caractères de solubilité que le précédent. En solution aqueuse d'iodure de potassium, il oxyde presque la quantité calculée d'hyposulfite, ce qui est en accord avec la simple addition de l'iode.

Je n'ai pu obtenir de combinaisons analogues en partant de thiocarbamates dérivés d'amines primaires : l'éthylthiocarbamate d'éthylammonium [2] et le cyclohexylthiocarbamate de cyclohexylammonium. Ce dernier, $(C_{13}H_{26}ON_2S)$, cristallise dans l'alcool absolu en longs prismes stables à l'air, se volatilisant sans fondre, solubles dans l'eau, insolubles dans l'acétone.

---

(2) ANSCHÜTZ, *Ann. der Chem.*, 359, 1908, p. 202.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse et isomérisation de céto-acides et dicétones mésodihydroanthracéniques.* Note (*) de MM. **Jean Rigaudy** et **Jean-Marie Farthouat**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Les dichlorures *cis* et *trans* et l'anhydride interne des acides mésodihydroanthracènedicarboxyliques se condensent régulièrement sur l'anisole en présence de Cl_3Al en donnant respectivement les dicétones et le céto-acide correspondants. Par action des alcalis, ces dérivés cétoniques conduisent à des mélanges d'isomères *cis* et *trans*.

Les chlorures esters I et céto-chlorures mésodihydroanthracéniques II, facilement décomposés par le Cl_3Al, ne pouvaient être condensés selon Friedel et Crafts que sur des dérivés aromatiques suffisamment réactifs [1]. Parmi ces derniers les dérivés méthoxylés du benzène et en premier lieu l'anisole, se révélaient les plus aptes à subir la condensation et cette aptitude semblait résulter, non pas d'une rapidité spéciale de la réaction, mais de la propriété particulière à ces composés de paralyser l'action destructrice du Cl_3Al [2].

L'étude des condensations des dichlorures *cis* III et *trans* IV des acides mésodihydroanthracène dicarboxyliques et de l'anhydride interne V, dont nous présentons ici les résultats, vient confirmer avec netteté cette observation. Ces dérivés, immédiatement dégradés en acide anthracène carboxylique-9 VI par action à froid du Cl_3Al en solution dans le CS_2 [3], conduisent en effet, lorsqu'on utilise l'anisole comme solvant, aux dérivés cétoniques correspondants : dicétones *cis* VII et *trans* VIII, ou céto-acide IX, avec des rendements égaux ou supérieurs à 80 %.

Di *p*-anisoyl-9.10 dihydro-9.10 anthracène *cis*, $C_{30}H_{24}O_4$, cristaux incolores, F_{inst} 230° ;

Di *p*-anisoyl-9.10 dihydro-9.10 anthracène *trans*, $C_{30}H_{24}O_4$, cristaux incolores, F_{inst} 246° ;

Acide *p*-anisoyl-9 dihydro-9.10 anthracène *cis*, $C_{23}H_{18}O_4$, cristaux incolores, F_{inst} 236°, déjà obtenu par hydrolyse acide du céto-ester méthylique correspondant [2].

Chlorure d'acide : $C_{23}H_{17}O_3Cl$, F_{inst} 166° (décomp.).

De plus, alors que le dichlorure *cis* III se condense rapidement à froid, il est nécessaire, dans le cas de l'isomère *trans* IV, de chauffer au moins 15 mn à 80°, sinon on recueille par hydrolyse ultérieure le diacide dont dérive ce chlorure, preuve qu'il ne s'est produit ni condensation, ni destruction; la précipitation d'un complexe aluminique jaune orangé permet d'ailleurs de suivre la progression de la réaction. D'une manière analogue, on obtient

---

(*) Séance du 25 février 1952.

(1) J. Rigaudy, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1327 et 229, 1949, p. 1019.

(2) J. Rigaudy, *Ann. Chim.*, 5, 1950, p. 398.

(3) Ch. Dufraisse et J. Rigaudy, *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 625.

avec l'anhydride une condensation très régulière, en maintenant le mélange réactionnel 1 h à 125°.

H COCl / H Z

$Z = \begin{cases} -CO_2R & I \\ -CO-Ar & II \end{cases}$

H COCl / H COCl — III

H COCl / ClCO H — IV

H CO / O / H CO — V

CO_2H — VI

$C_6H_4-OCH_3$ / H CO / H CO-Z ⇌ $CH_3O-C_6H_4$ / CO H / H CO-Z

$Z = \begin{cases} -C_6H_4-OCH_3 & VII \\ -OH & IX \end{cases}$ $Z = \begin{cases} -C_6H_4-OCH_3 & VIII \\ -OH & X \end{cases}$

Il avait été signalé précédemment que les dicétones et céto-acides méso-dihydroanthracéniques appartenant à la série *cis* étaient susceptibles de s'isomériser par action des alcalis à froid ([2]). En l'absence de toute donnée certaine, plusieurs hypothèses avaient été envisagées quant à la structure des produits isomérisés, mais la question restait en suspens. La possibilité que nous offre la condensation sur l'anisole d'accéder à une dicétone de structure *trans* définie sans ambiguïté nous permet maintenant d'affirmer qu'il s'agit d'une isomérisation *cis-trans*.

Les deux dicétones décrites ci-dessus ne donnent aucune coloration immédiate à froid avec la potasse méthylique, indice d'une quasi-insolubilité. Par contre, si l'on ajoute de la potasse méthylique à une solution benzénique ou chloroformique des dicétones, on voit se développer une coloration orangée due à l'apparition de la forme énolique. En traitant de cette manière la dicétone *cis* on recueille par acidification après 15 mn de contact un mélange duquel on isole à l'état pur, par une suite de cristallisations fractionnées, les deux isomères : la dicétone *trans* avec un rendement de 50 % environ, la dicétone *cis* de départ avec un rendement de 6 % environ. On a vérifié que dans les mêmes conditions la dicétone *trans* conduisait à un mélange identique des deux isomères.

Le céto-acide IX se dissout à froid dans les alcalis aqueux en donnant une coloration jaune et l'acidification après 15 mn de repos donne un mélange de deux acides : l'un difficilement extractible au CO_3NaH est l'acide de départ IX, l'autre séparable par une seule extraction au CO_3NaH est

l'isomère *trans* X. Ce dernier paraît se former en quantité voisine de 50 % et la répétition de l'opération sur la partie non isomérisée permet de passer du *cis* au *trans* avec un rendement de 70 %.

Acide *p*-anisoyl-9 dihydro-9.10 anthracène *trans*, $C_{23}H_{18}O_4$, cristaux incolores, F_{inst} 222°. Chlorure d'acide $C_{23}H_{17}O_3Cl$, F_{inst} 140° (décomp.).

On a confirmé les structures des deux acides isomères en condensant les chlorures de ces acides sur l'anisol, ce qui a conduit pour chacun d'eux à la dicétone correspondante.

Il faut signaler, en outre, que tous ces dérivés cétoniques en méso du dihydroanthracène sont susceptibles de s'autooxyder en solution alcaline [*voir* (2)]; on effectuait par suite les isomérisations en atmosphère d'azote.

PHYSIQUE CRISTALLINE. — *Interprétation des constantes élasto-optiques d'un cristal de chlorure de sodium.* Note (*) de M. **Pierre Marck** et Mlle **Lucienne Taurel**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les termes du tenseur des susceptibilités électriques d'un cristal de NaCl déformé sont donnés, pour des déformations élastiques, par des expressions du type (1) :

$$k_{xx}=\frac{n^4}{4\pi}(p_{11}x_x+p_{12}y_y+p_{12}z_z),\qquad k_{yz}=\frac{n^4}{4\pi}p_{44}y_z;$$

$$k_{yy}=\frac{n^4}{4\pi}(p_{12}x_x+p_{11}y_y+p_{12}z_z),\qquad k_{zx}=\frac{n^4}{4\pi}p_{44}z_x;$$

$$k_{zz}=\frac{n^4}{4\pi}(p_{12}x_x+p_{12}y_y+p_{12}z_z),\qquad k_{xy}=\frac{n^4}{4\pi}p_{44}x_y.$$

Les p_{ik} représentent les constantes élasto-optiques de Pockels (2). Dans ces notations, les déformations x_x, ..., y_y, ... représentent $\partial u/\partial x$, ..., $(\partial v/\partial z+\partial w/\partial y)$, ..., u, v, w, étant les élongations d'un point matériel déformé. Pour NaCl :

$$p_{11}=0,1372,\qquad p_{12}=0,178,\qquad p_{44}=-0,0108.$$

Les facteurs qui peuvent déterminer ces variations de susceptibilité électrique sont : la variation de densité au cours de la déformation des dipôles induits, la variation de polarisabilité des ions, la variation de champ interne.

De tous ces facteurs, le plus délicat à examiner est le champ interne.

(*) Séance du 18 février 1952.

(1) Leontovich et Mandelstam, *Phys. Z. Sowiet Union*, 1, 1932, p. 317.

(2) *Lehrbuch der Kristalloptik*, Teubner, 1906.

Nous admettrons dans ce qui suit que la formule de Lorentz-Lorenz est applicable, c'est-à-dire que le champ interne F est lié au champ électrique E et à la polarisation P par la formule $F = E + \gamma P$, γ étant égal à $4\pi/3$ dans le cas d'un cristal cubique.

Un cas particulièrement simple est celui où l'on fait

$$x_x = y_y = z_z = \varepsilon, \qquad y_z = z_x = x_y = 0.$$

Le cristal demeure cubique. On a toujours $\gamma = 4\pi/3$. La susceptibilité électrique prend la forme (3) :

$$k = \frac{N(\alpha_1 + \alpha_2)}{1 - \frac{4\pi}{3} N(\alpha_1 + \alpha_2)}.$$

N, nombre de paires d'ions par $cm^3 = 2,25.10^{22}$ pour le cristal non déformé;

α_1, polarisabilité de l'ion $\overset{+}{Na} = 0,28.10^{-24}$;

α_2, polarisabilité de l'ion $\overline{Cl} = 2,92.10^{-24}$ [Schockley (4)].

La polarisabilité de l'ion Na ne varie vraisemblablement pas au cours d'une déformation élastique; par contre celle de Cl peut varier de $d\alpha_2$.

On trouve alors

$$\Delta k = -0,44\varepsilon + 0,046.10^{24}\, d\alpha.$$

L'emploi des constantes élastooptiques de Pockels conduit à :

$$\Delta k = 0,23\,\varepsilon.$$

On en déduit

$$d\alpha_2 = 14,5.10^{-24}\,\varepsilon.$$

Pour tenir compte des déformations qui détruisent la symétrie cubique du système, il convient de lier le moment induit dans un ion Cl et le champ interne F qui s'exerce sur lui par la relation tensorielle $\overrightarrow{dM_2} = [A_2]\,\vec{F}$. Les termes de $[A_2]$ doivent s'exprimer en fonction des déformations de la même manière que les susceptibilités électriques; on doit donc avoir

$$\begin{aligned} \alpha_{xx} &= \alpha_2 + \alpha x_x + \beta y_y + \beta z_z, & \alpha_{yz} &= c y_z; \\ \alpha_{yy} &= \alpha_2 + \beta x_x + \alpha y_y + \beta z_z, & \alpha_{zx} &= c z_x; \\ \alpha_{zz} &= \alpha_2 + \beta x_x + \beta y_y + \alpha z_z, & \alpha_{xy} &= c x_y. \end{aligned}$$

Le calcul précédent fournit

$$\alpha + 2\beta = 14,5.10^{-24}.$$

Afin de déterminer α et β, envisageons une déformation z_z. Avant la déformation, le champ interne s'obtenait en ajoutant au champ externe le champ

(3) MOTT et GURNEY, *Electronic Process. in ionic crystals.*, Oxford, 1940.

(4) *Bull. Amer. Phys. Soc.*, 21, 1946, p. 9.

créé par une cavité sphérique, soit $4\pi/3$, et l'action des ions situés à l'intérieur de la cavité, qui dans ce cas particulier est nulle. Après déformation, la cavité devient un ellipsoïde de révolution autour de OZ; l'action des dipôles situés à l'intérieur de la cavité n'est plus nulle. Ces actions peuvent se calculer; on constate que l'action des ions voisins tend vers une limite indépendante du rayon de la cavité.

Si l'on appelle F_1 le champ interne agissant sur un ion de Na, P_1 la fraction de polarisation due aux ions Na, F_2 et P_2 les quantités analogues pour l'ion Cl, on trouve, pour un champ excitateur perpendiculaire à OZ

$$F_2 = E + \frac{4\pi}{3}\left(1 + \frac{2}{5}z_z\right)(P_1 + P_2) - \frac{4,8}{4}(1 + z_z)P_2 + \frac{41}{4}P_1(1 + z_z),$$

$$F_1 = E + \frac{4\pi}{3}\left(1 + \frac{2}{5}z_z\right)(P_1 + P_2) - \frac{4,8}{4}(1 + z_z)P_1 + \frac{41}{4}P_1(1 + z_z).$$

En utilisant le fait que

$$P_1 = 4\alpha_1 F_1 \mu^{-3}(1 - z_z), \qquad P_2 = 4\alpha_2 F_2 \mu^{-3}(1 - z_z).$$

où μ est la longueur de la maille élémentaire, et en exprimant comme précédemment la susceptibilité électrique à partir des constantes de Pockels on trouve

$$\beta = 4,5 . 10^{-24}.$$

La même opération effectuée pour la déformation z_z et un champ excitateur parallèle à OZ fournit $\alpha = 5,42 . 10^{-24}$. D'où $\alpha + 2\beta = 14,42 . 10^{-24}$ en accord avec le résultat précédent $14,5 . 10^{-24}$.

Au cours d'un cisaillement, les distances mutuelles entre deux voisins Na^+ et Cl^- restent constantes au second ordre près. Nous admettrons qu'alors $c = 0$.

On constate d'ailleurs que, dans ce cas, la variation de polarisabilité introduit un terme du second ordre dans le calcul des constantes élastooptiques; on doit donc pouvoir les calculer; le résultat obtenu fournit l'ordre de grandeur de la valeur expérimentale.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Figures de croissance des cristaux de carbure de silicium.*

Note de Mme **Adrienne R. Weill**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Il a été reconnu récemment que la croissance de nombreux cristaux s'opérait à partir de dislocations en hélice. Les échantillons de carbure de silicium examinés présentent soit des figures de croissance avec des spirales visibles à faible grossissement, soit des accidents de surface sur lesquels des réseaux très serrés de spires enchevêtrées apparaissent sous fort grossissement. Celles-ci se relient aux figures macroscopiques du même cristal.

La théorie de la croissance des cristaux à partir de dislocations en hélice

émergeant perpendiculairement à une face cristallographique en développement a été élaborée par Frank, Cabrera et Burton ([1]).

Elle a fait l'objet de nombreuses confirmations expérimentales ([2]). En particulier, le carbure de silicium se prête remarquablement aux observations étant donné le *polytypisme* de sa structure ([3]), ([4]), ([5]).

Nos propres observations nous portent à insister sur les différentes échelles auxquelles s'observe le phénomène sur des cristaux de carbure de silicium examinés au microscope par réflexion sans aucune préparation des surfaces.

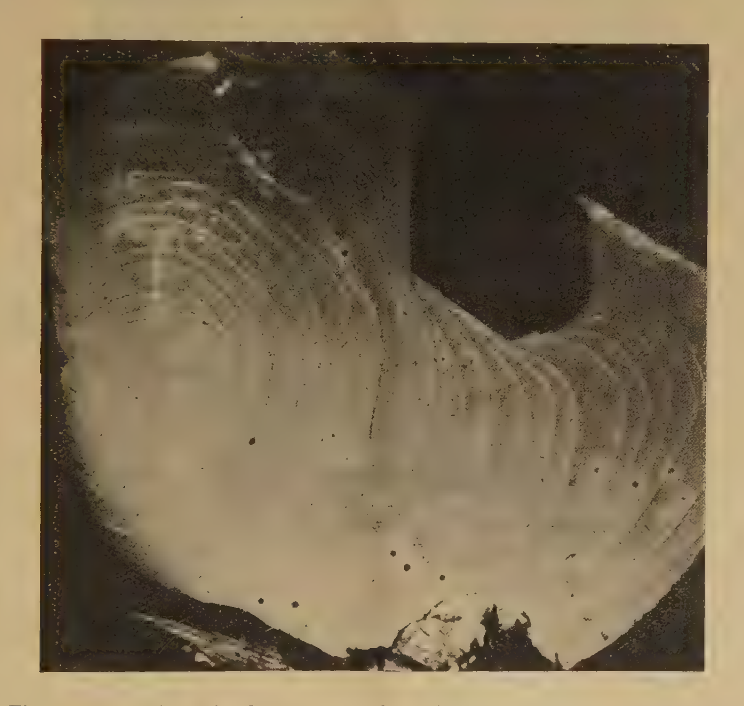


Fig. 1. — Spirale multiple et nappes de croissance. × 20 avant réduction.

Sur un premier cristal, on voit à l'œil nu ou sous faible grossissement les spirales multiples donnant naissance aux nappes de croissance recouvrant l'échantillon (*fig.* 1). On remarque l'étranglement des spires au voisinage de l'arête et les replis des contours à l'intersection d'un second cristal d'orientation différente.

Observée à faible grossissement, une autre plaquette est sillonée de

---

([1]) *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, A, **243**, 1951, p. 299.
([2]) Amelinckx, Grosjean et Dekeyser, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 113.
([3]) Frank, *Phil. Mag.*, **42**, 1951, p. 1014.
([4]) Verma, *Phil. Mag.*, **42**, 1951, p. 1005.
([5]) Amelinckx, *J. Chim. Phys.*, **48**, n^os **11-12**, p. 475.

contours variés parmi lesquels on discerne des hexagones imparfaits et deux défauts prédominants à peu près circulaires (*fig.* 2). Le plus petit d'entre eux présente à fort grossissement un enchevêtrement de spirales polygonisées, caractéristiques du « polytypisme » de la structure et issues d'un seul centre entouré d'une tache noire. Dans le second défaut, le polygone flou (*fig.* 2, à droite) se résout en figures analogues sous l'effet

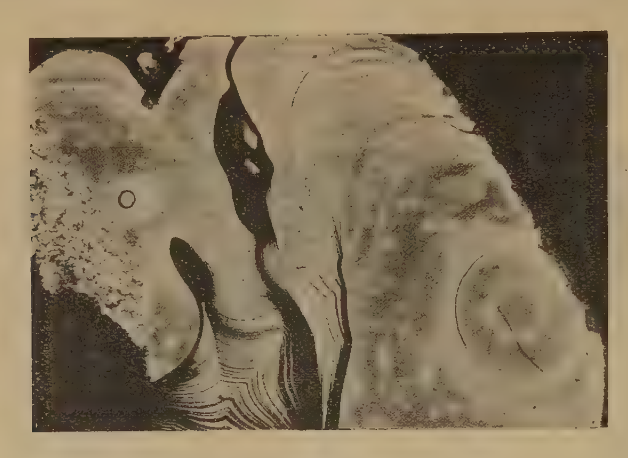


Fig. 2. — Les spirales caractéristiques de la structure apparaissent à fort grossissement sur les deux protubérances circulaires. × 20.

combiné de deux centres voisins [*cf.* ([4]), *fig.* 15], avec un encadrement à symétrie ternaire dont la régularité cesse aux limites du polygone visible à l'œil nu. La théorie ([1]) permet de relier ces figures centrales très serrées à un excès de sursaturation localisé en ces deux points en fin de cristallisation, tandis que les figures plus larges qui les entourent correspondent aux stades antérieurs de la croissance.

Un troisième échantillon présente des spirales régulières, sans aucune polygonisation. Issues d'une douzaine de dislocations espacées d'environ 0,1 mm, elles se combinent pour couvrir toute la face, soit environ 12 mm^2. Certaines spirales développent plus de 30 tours avant de se raccorder, spire par spire, avec une autre spirale, sous des angles très divers. L'espacement est sensiblement constant, à partir du huitième tour et égal à 15 μ, on peut évaluer ainsi très approximativement le rayon du germe critique à 1,2 μ et le degré de sursaturation à 0,4 % ([4]) ([1]). Loin des centres, entre les branches des spirales les plus épanouies, on remarque des figures secondaires en festons irréguliers, dont les « centres » dévient la spire voisine.

Un Mémoire groupant l'ensemble de ces observations fera l'objet d'une publication ultérieure.

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Diffraction cristalline des rayons X par les ondes élastiques. Étude expérimentale sur des cristaux de quartz en vibration.* Note (*) de M. **Jean Guillaume**, présentée par M. Charles Mauguin.

Le rayonnement diffracté par un cristal en vibration augmente d'intensité.

Ce phénomène a été observé, en 1931, par Fox et Carr [1] sur les taches d'un diagramme de Laue; depuis, il a fait l'objet de plusieurs études.

En France, les études expérimentales de J. Surugue [2] et les études théoriques de J. Laval [3] nous ont incité à mesurer, suivant la méthode de Bragg, le pouvoir réflecteur absolu d'un cristal vibrant.

Nous avons fait l'étude du pouvoir réflecteur d'un disque de quartz taillé perpendiculairement à l'axe électrique X « taille Curie » pour les réflexions $11\bar{2}0$, $22\bar{4}0$, $33\bar{6}0$.

Le rayonnement incident est monochromatique, c'est celui du doublet $K\alpha_1$, $K\alpha_2$ du molybdène obtenu avec un cristal de calcite comme monochromateur plan.

Le cristal de quartz tourne à la vitesse constante ω, la chambre d'ionisation a une fenêtre assez large pour admettre, en permanence, tout le faisceau diffracté et tourne à la vitesse 2ω.

Les vibrations du cristal de quartz en résonance ont une fréquence de 1780 kc : s; ce sont des vibrations longitudinales se propageant suivant l'axe électrique X, c'est-à-dire suivant l'épaisseur de la lame cristalline; leur longueur d'onde est le double de l'épaisseur de la lame, à savoir : $\Lambda = 3{,}22$ mm.

A la température de 18° C, les réflexions sélectives pour le rayonnement $K\alpha_1$ ont lieu pour les angles suivants : $\theta = 8°,18'$ au 1er ordre, $\theta = 16°,48'$ au 2e ordre et $\theta = 25°,40'$ au 3e ordre.

Les résultats expérimentaux sont donnés par les courbes de la figure.

L'étude de chaque réflexion comprend trois mesures du pouvoir réflecteur absolu superposées dans l'ordre et les conditions suivantes :

1° quartz au repos (tube à R. X. 34 kV 8 mA);

2° quartz en résonance (tube à R. X. 34 kV 8 mA);

3° quartz au repos (tube à R. X. 38 kV 8 mA).

Les élargissements sont mesurés à mi-hauteur du maximum.

Pour les trois réflexions, lorsque le cristal est au repos, on vérifie bien

---

(*) Séance du 25 février 1952.

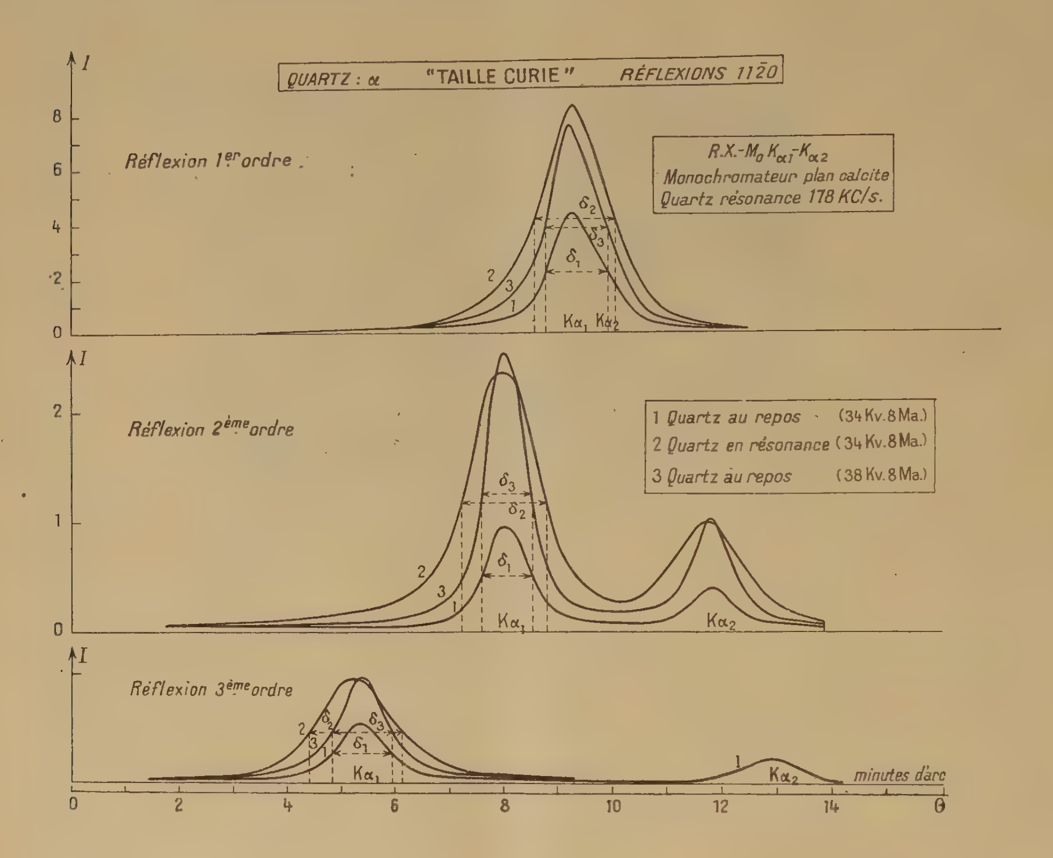
(1) *Phys. Rev.*, 37, 1931, p. 1622.

(2) *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 177; *Cahiers de Phys.*, 18, 1943, p. 55.

(3) *Bull. Soc. Fr. Minér.*, 68, 1945, p. 239; 71, 1948, p. 116.

que l'élargissement est nul dans le cas d'un simple renforcement du faisceau incident, par augmentation de tension.

Pour les trois réflexions, lorsque le cristal est en résonance, on constate que l'augmentation du pouvoir réflecteur est accompagnée d'un élargissement très net de la raie de diffraction.



Cet élargissement est de 25 % au 1er ordre, de 70 % au 2e ordre et de 51 % au 3e ordre. En même temps, le pouvoir réflecteur, que mesure par définition l'aire sous la courbe de diffraction, est multiplié par 2,2 au 1er ordre, 3,2 au 2e ordre et 2,2 au 3e ordre.

Pour terminer, nous ferons remarquer que l'on voit très nettement au 3e ordre la dilatation du quartz lorsque le réseau est en vibration stationnaire; en effet, la raie de diffraction est décalée de — 7″ par rapport à celle du cristal au repos; il en résulte une augmentation relative de la distance d entre les plans réflecteurs $\Delta d/d = 7{,}3 \cdot 10^{-5}$, ce qui correspondrait à une température d'équilibre supérieure de 5°,5 C à celle du quartz au repos.

Cette méthode des superpositions au 3e ordre est donc intéressante pour des mesures de dilatométrie cristalline.

GÉOLOGIE. — *Présence du Burdigalien dans les Massifs du Cap de Fer et de la Kabylie de Collo (Nord-Constantinois, Algérie).* Note M. **Jean Hilly**, présentée par M. Charles Jacob.

Des levers au 50 000e dans le massif du Cap de Fer et la révision des terrains sédimentaires des environs de Collo m'ont permis de rencontrer des affleurements de Burdigalien, s'échelonnant de l'Ouest à l'Est sur une centaine de kilomètres (*voir* carte schématique ci-dessous). Le Miocène était inconnu dans cette région, sauf en un seul point de la Kabylie de Collo, « à environ 500 m au Sud-Est de Bessombourg », où M. Roubault signale, dans sa thèse (1), « quelques affleurements d'un grès grossier contenant des débris de coquilles, en particulier quelques fragments de Pecten, qui (lui) ont semblé devoir être rapprochés d'espèces burdigaliennes ».



Affleurements burdigaliens actuellement connus (en noir).

Le Burdigalien est représenté par des alternances de marnes et de couches détritiques de faciès variés, tous les intermédiaires existant entre les bancs à éléments très volumineux (plusieurs mètres cubes) et les grès fins dont le grain ne dépasse pas quelques dixièmes de millimètre.

Les marnes, gris bleu foncé sur les cassures fraîches, se débitent, par écailles, en rognons plus ou moins aplatis. Elles contiennent presque toujours du quartz et du mica détritiques. Par augmentation du pourcentage en quartz ou par diminution de la teneur en calcaire, ou passe progessivement à des sables marneux, jaunâtres, ou à des argiles bleutées, mieux litées que les marnes.

Dans la série des formations détritiques, les éléments sont souvent restés anguleux ou à peine émoussés; les galets sont moins fréquents. C'est parmi les faciès les plus fins que se rencontrent les roches les mieux consolidées (grès, microbrèches), avec un ciment presque toujours calcaire. Mais dès que la taille des éléments dépasse quelques centimètres, les couches, formées de blocs emballés dans la marne ou l'argile, sont pour la plupart demeurées meubles. La proportion de ciment, de marne ou d'argile, est variable : presque nulle dans beaucoup de grès et dans certaines brèches, elle peut devenir très importante, conduisant à des calcaires gréseux ou à des bancs marneux ou argileux ne contenant que quelques blocs remaniés.

(1) *Bull. Serv. Carte Géol. Algérie*, 2e série, no 10, 1934, p. 181.

Les brèches et les grès sont anisométriques : des grains minuscules voisinent parfois avec des blocs de 10 m³. Cependant, chaque couche contient souvent une très forte majorité d'éléments du même ordre de grandeur, cette dimension variant brusquement d'un banc à l'autre.

Les éléments des grès et des brèches ont été empruntés : au *socle métamorphique* (calcaires métamorphiques, quartzites, schistes satinés, micaschistes et quartz d'exsudation, gneiss et granulites gneissiques, minéraux correspondants : quartz, micas, feldspaths, grenat, tourmaline); au *Maestrichtien* [schistes, marnes, calcaires gréseux et calcite à structure cone-in-cone (²) avec grands fragments de test d'Inocérames (plus de 2 dm²), microforaminifères]; au *Néonummulitique* (« Numidien ») (schistes, calcaires, quartzites et grès); enfin au *Burdigalien* lui-même par remaniement intraformationnel (marnes, grès).

Notons que les grès, légèrement glauconieux, ne contiennent à peu près uniquement que du quartz et du mica, avec parfois quelques fragments de schistes ou de calcaires, et que, dans les couches plus grossières, il arrive très fréquemment que la majorité des éléments remaniés appartienne à un seul terrain (Sénonien par exemple), d'où des confusions possibles lorsque les affleurements sont mauvais.

A côté de ces différents faciès existent quelques bancs calcaires. Enfin, des couches de brèches et de tufs volcaniques, liées à des coulées andésitiques ou à des venues plus acides, s'interstratifient dans les terrains burdigaliens.

Toutes ces roches se présentent en couches d'épaisseurs fort diverses (de quelques centimètres à plusieurs dizaines de mètres), et quelquefois en lentilles, dans les brèches principalement. La puissance totale du Burdigalien dépasse 500 m. La répartition des différents faciès, fera l'objet d'une prochaine publication.

Les fossiles se rencontrent surtout dans les couches riches en galets : en particulier, de l'Ouest à l'Est, aux environs de Zitouna, près de Bessombourg (Coordonnées Lambert Nord-Algérie : 935-416), au Koudiat el Halia (841,20-417,85), au col au Nord du Kt bou Serdoum (841,40-417,85), et près d'Aïne Ali ben Ali (909,7-425,5). J'y ai récolté, entre autres, les espèces suivantes, dont je dois la détermination à MM. J. Alloiteau (Polypiers), E. Buge (Bryozoaires) et J. Roger (Lamellibranches) :

Polypiers : *Goniastræa propinqua* Sismonda; *G. borsoni* Sism.; *Tarbellastræa* All. *Ellisi* Def.; *T. Reussiana* M. Edw. et H.; *Favia Valceppii* Zuffardi et Comerci; *Porites Collegniana* Mich. Bryozoaires : *Diastopora* sp.; *Stomatopora* sp.; *Tubulipora* cf.; *flabellaris* Fabricius; *Microecia suborbicularis* Hincks; *Terebripora* sp.; *Membranipora* sp.; *Rosseliana rosselii* Audouin; *Onychocella angulosa* Reuss; *Micropora coriacea* Esper; *Thalamoporella* sp.; *Cellaria* sp.; *Cribrilaria radiata* Moll; *Mucronella variolosa* Johnston; *Cellepora* sp. Lamellibranches : *Pecten* cf. *Kochi* Locard; *Chlamys* cf. *sub-Holgeri* Font.; *Chl.* gr. *Tournali*; *Chl.* gr. *multistriata* Poli cf. *Chl. justiana* Font.; *Ostrea* cf. *latissima* Deshayes.

(²) Structure cone-in-cone signalée sous le nom de « calcite fibreuse » *in* J. Hilly et J. Sigal, *C. R. somm. S. Géol. Fr.*, 1951, p. 26.

M. Buge attribue les Bryozoaires au Miocène inférieur. D'après MM. Alloiteau et Roger, les Polypiers et les Lamellibranches caractérisent le Burdigalien. Toute cette faune correspond, en accord avec les faciès, à une mer très peu profonde et agitée.

Les marnes ne m'ont pas fourni de macrofossiles. Elles renferment par contre une microfaune riche en Globigérinidés, actuellement à l'étude.

Tous ces affleurements burdigaliens sont des jalons de la grande transgression du Miocène inférieur, bien connue plus à l'Ouest et plus au Sud (environs de Bougie et de Constantine). Ils prouvent l'existence de la mer, ou tout au moins de bras de mer, dans une région considérée jusqu'ici comme émergée (3).

GÉOPHYSIQUE. — *Essai d'interprétation des anomalies isostatiques du Bassin Parisien.* Note (*) de Mlle **Suzanne Coron**, présentée par M. Pierre Lejay.

La carte I des anomalies isostatiques du Bassin parisien (1) révèle des anomalies négatives étendues, d'autant plus importantes qu'on se rapproche plus de l'Ile-de-France, entourées par une ceinture d'anomalies positives, à 100 ou 150 km de Paris (à l'exception de gradients locaux et d'irrégularités dues à des influences probablement extérieures à cette région).

La répartition de ces anomalies (semblables quel que soit le système isostatique utilisé), les remarques de la Note précédente (1) et les données géologiques générales ont permis de fixer grossièrement l'étendue et la profondeur du bassin au fond paraboloïdal dans lequel sont déposés les sédiments légers (pratiquement jusqu'au primaire) :

au centre C approximativement sur la bissectrice des directions données par les fosses M et N et à égale distance des anomalies — 7 de la région Est, la profondeur est de l'ordre de 2 000 m (2);

les lignes d'égale épaisseur des sédiments, $p = 500$ m, 1000 m, etc., ont été tracées à l'aide de renseignements fournis par les grands forages (Amiens, Ferrières, Vailly, etc.) et par la carte hypsométrique des Sables verts (3). La ligne $p = 0$, à une distance variant de 160 km (S-E) à 250 km (S-W) suit à peu près la direction des auréoles géologiques. (L'altitude h de chaque station n'ayant pas été prise en considération

---

(3) J. Savornin, *Publ. Serv. Carte Géol. Algérie*, 1931, pl. XIX.

(*) Séance du 25 février 1952.

(1) S. Coron, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 977.

(2) R. Abrard, *Géologie régionale du Bassin de Paris.*

(3) P. Lemoine, *Les forages profonds du Bassin de Paris.*

lorsqu'elle restait voisine de 100 m, la valeur p représente donc une épaisseur comptée à partir de la cote + 100 m).

Les corrections données par la cuvette ainsi définie remplie de sédiments de densité moyenne 2,3 compensés suivant Airy pour une épaisseur d'écorce T = 40 km, ont conduit à l'établissement de la carte II de la Note précédente dont les lignes principales doivent révéler les structures profondes (les *irrégularités* de la cuvette).

On y distingue en particulier :

a. A l'Est, une zone étendue d'anomalies positives, déjà visibles sur la carte I, correspondant probablement au soulèvement général du socle ancien.

Une crête d'anomalies plus fortes se dessine au Sud, dans la direction W-E de certains schistes et gneiss des Vosges (Villé).

La région des Ardennes est marquée par des valeurs supérieures à 10 mgl.

Entre ces deux maxima, se trouve une zone dépressionnaire de faibles anomalies, voire de valeurs négatives (Épernay), *qui ne paraît pas en continuité avec la zone négative de l'Ouest.* On peut admettre que cette barrière faiblement positive provienne de la remontée du socle au point où le Trias lorrain s'achève en forme de biseau sous le Bassin parisien (on peut noter que les cotes des couches cénomaniennes à Soissons et à Vailly, aux anomalies positives, sont plus basses qu'à Reims et à Mourmelon).

b. Au Nord, un arc d'anomalies positives qui semble dans le prolongement de l'anticlinal de Rocroy, et après un enfoncement dans la région de Saint-Just-en-Chaussée, se bombe vers Blangy avant de disparaître sous la Manche. Il pourrait être imputé à la remontée d'un socle paléozoïque de nature *cristalline* et non pas seulement à un anticlinal primaire plus ou moins érodé (la région voisine au Nord d'Amiens, présente des anomalies négatives importantes et les couches primaires sont pourtant à une faible profondeur).

Au dôme D auquel doivent correspondre, en outre, de faibles épaisseurs de couches secondaires (et peut-être l'intrusion de roches lourdes) succède une fosse J d'anomalies négatives qui pourraient s'expliquer par des épaisseurs complémentaires de quelques centaines de mètres de sédiments légers ayant remplacé une ancienne crête érodée.

Le Pays de Bray ne se singularise que par un gradient plus important qui produit une augmentation d'environ 5 mgl vers l'affleurement du jurassique. On pourrait dire que ce soulèvement a emprunté une ligne directrice ancienne de plus faible résistance.

c. Au voisinage de Paris, deux bandes de plus faibles anomalies négatives apparaissent séparées par un étroit sillon d'anomalies positives peu importantes. Ces irrégularités de faible amplitude, superficielles, peuvent être ramenées à l'étude d'un chenal indéfini, rempli de sédiments légers,

à quelque 1,5 km de profondeur ([1]). Donc, à la dépression au Sud de l'arc (*b*), dépression provenant d'une puissance supérieure de couches légères ou du soulèvement progressif et relatif des chaînes hercyniennes voisines, se superposeraient deux ondulations superficielles d'environ 20 km de large et de 600 m d'épaisseur. La compensation isostatique de ces chenaux produirait l'anomalie intercalaire, voisine de zéro, d'autant plus forte que la distance entre M et N diminue.

Les géologues pensent que les bassins de subsidence ont une origine orogénique, que les plis de couverture sont modelés sur les plis anciens. En effet, les directions armoricaine et varisque sont dessinées en première approximation : toutefois, on peut y déceler un décalage réel et parfois une différence d'azimut, soit que l'épaisseur totale des sédiments légers ne coïncide pas avec les synclinaux de surface ([4]), soit que les poussées les plus récentes aient produit un déversement en même temps qu'un changement de courbure. En particulier, les plis récents ont une courbure moins marquée que les directions gravimétriques; à l'Est, ceux-là sont dirigés plus au Sud; à l'Ouest, le phénomène est inversé (anticlinal de Gamaches, dôme D); vers le méridien de Paris, les plis récents coupent les directions gravimétriques (synclinal de la Seine, fosse N, etc.), parfois après les avoir suivies comme le montre la comparaison de la carte des Sables verts de l'Ile-de-France (fosse de Saint-Denis, anticlinal de Beynes). Ceci est en bon accord avec la géologie : les anticlinaux du Bray, du Boulonnais et les vieux plis du Bassin houiller du Nord sont déversés au Nord, tandis que le bassin de la Sarre et Lorraine et l'anticlinal guide de Pont-à-Mousson sont couchés au Sud.

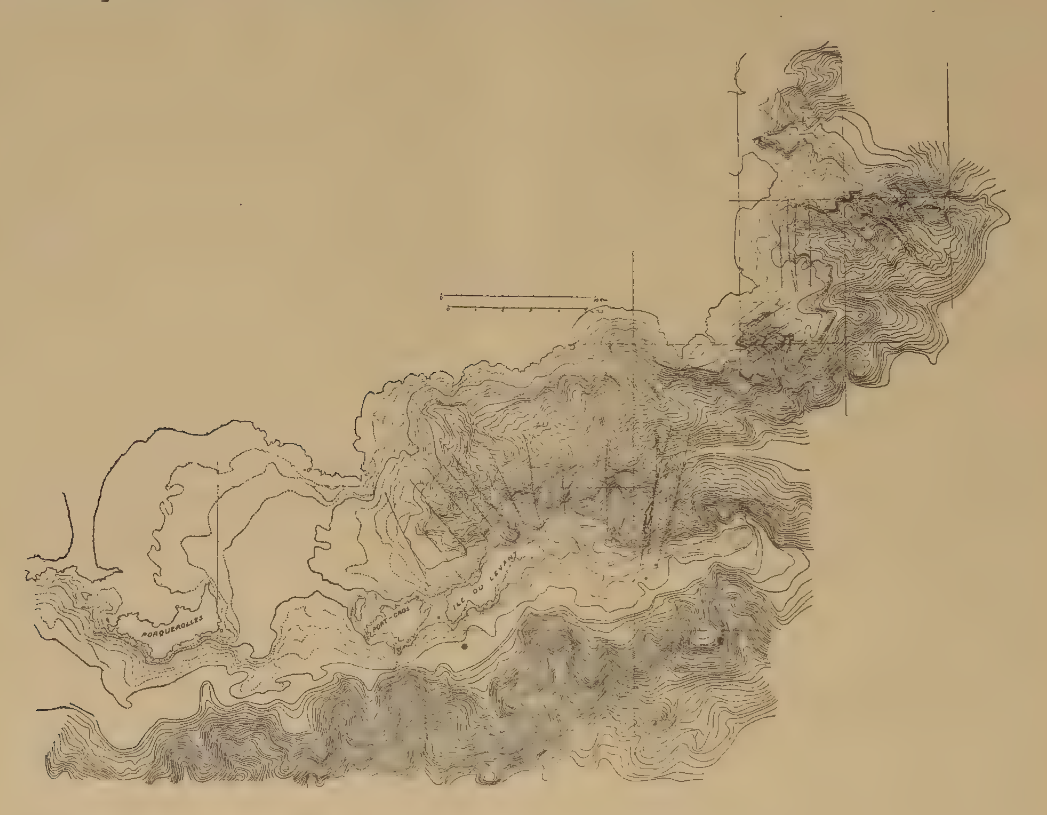
OCÉANOGRAPHIE. — *Recherches sur la topographie sous-marine entre la presqu'île de Giens et Saint-Tropez.* Note de MM. **Jacques Bourcart, Georges Houot** et Mlle **Claude Lalou**, présentée par M. Donatien Cot.

En 1950 et 1951 l'Aviso « Ingénieur Élie Monnier » a entrepris la reconnaissance de la topographie sous-marine le long de la côte des Maures.

Un plateau très faiblement incliné réunit à la côte la presqu'île de Giens, l'île du Grand Ribaud et Porquerolles. Sa forme est celle d'une conque doucement inclinée vers l'Est-Nord-Est. Deux ravins l'entaillent : l'un entre le Grand Ribaud et Porquerolles, l'autre au milieu de la Grande Passe entre cette île et Bagau. Un pédoncule arqué s'en détache, portant les îles de Bagau, Port-Cros et du Levant, jusqu'au banc du Magaud (— 80 —90).

([4]) P. Pruvost, *Sédimentation et subsidence.*

A partir de 60 m, une grande vallée se dessine (¹), séparant le pédoncule du continent; elle s'approfondit rapidement pour rejoindre la plaine méditerranéenne vers 2 100 m. Sur la gauche elle reçoit une série d'affluents à pente rapide semblant poursuivre les ravins actuels (gorge du Lavandou, de Bonporteau, de Cavalaire et de Bon Porté).



La rive droite montre le socle des îles, beaucoup plus raide, accidenté de nombreux ravins.

Au delà du ravin de Bon Porté, une gorge profonde prolonge la vallée de Pampelonne. Une presqu'île rocheuse, abrupte à partir de 100 m, hérissée d'aiguilles granitiques, telle celle du Nioulargo, sépare cette gorge de la vallée des Stœchades. Elle est incisée en son milieu par un ravin très étroit, celui de Bon Porté. Une dernière gorge correspond, non à la baie de Saint-Tropez, mais, immédiatement au sud de la tourelle de la Moutte, au Cap Saint-Tropez.

Le profil en long de la vallée des Stœchades est relativement doux pour une gorge sous-marine (14,5 %). Il enferme celui de tous les affluents

(¹) Nous proposons de donner à cette grande vallée le nom de vallée des Stoechades, nom antique de l'archipel.

dont les embouchures sont concordantes avec le lit de la rivière principale, sauf un faible ressaut terminal.

De 60 à 500 m, il est convexe, évoquant une langue d'écoulement. Il en est de même pour celui de la gorge de Bon Porté que nous avons pu attaquer à la drague : il est formé par des sables continentaux analogues à ceux qui recouvrent le plateau entre —40 et —50 m. On peut donc admettre que le cours supérieur de cette gorge sous-marine est comblé par du sable écoulé. Deux autres ruptures de pente très nettes (structurales ?) existent à — 750 m et à —1000 m. Vers —1500 m la vallée s'élargit beaucoup. Entre —1500 et —2100 m dans des fonds sondés par Marti et Anthoine, il semble que les rivières de Pampelone et de Saint-Tropez rejoignent celle des Stœchades.

Les îles de Porquerolles, Port Cros, du Levant, portent sur leur face Nord, les traces d'anciennes vasières, de plages et de dunes cimentées (Quaternaire ancien) (2) qui plongent sous la mer. Un lambeau analogue nous a été signalé par l'abbé Bordet, accroché à 10 m au cap Lardier. Il semble donc qu'à cette époque, le littoral du continent et des îles était beaucoup plus bas et sableux et que la topographie actuelle résulte de déformations récentes : surélévation relative de la Chaîne des Maures et du pédoncule des îles et abaissement de la vallée.

Les arrachements à la drague dans la vallée des Stœchades n'ont pas encore donné de résultats, mais certains galets dragués au large de Porquerolles sont constitués par du quartz de filon avec traces d'une matrice de ciment violet qui rappelle le Permien. Il est possible que ce terrain forme le fond rocheux de la vallée, la dépression serait alors peut être le prolongement de celle qui sépare le massif des Maures de la Provence calcaire (dépression permienne).

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les glucides de réserve des organes souterrains des Composées au début de la période de repos.* Note de MM. **Marcel Quillet** et **Robert Bourdu**, présentée par M. Raoul Combes.

Les sous-familles de *Composées* étudiées accumulent dans leurs organes souterrains une réserve glucidique complexe; mais, si, au même moment de la végétation, la proportion des glucides composants est extrêmement variable, ceux-ci paraissent toujours les mêmes que ceux que l'on a signalés dans le Topinambour et attestent l'uniformité du chimisme glucidique de la famille.

La famille des Composées, riche de quelques 30 000 espèces, est sous-divisée depuis Bentham en 13 sous-familles dont les caractères morphologiques, foncièrement comparables, se distinguent notablement dans le

(2) J. Bourcart, *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (6), 1, 1950, p. 159-160.

détail (présence ou absence de laticifères et de canaux à oléorésine, forme du style ou des étamines, présence ou absence de paillettes sur le réceptacle, etc.) [1].

Cette diversité morphologique s'accompagne-t-elle ou non de différence dans le chimisme, spécialement dans le chimisme glucidique ?

L'inuline a été extraite, depuis longtemps, de l'*Aunée*, du *Topinambour*, du *Dahlia* et de la *Chicorée* et décelée dans de nombreuses autres espèces par des méthodes micrographiques; mais divers auteurs, dont l'un d'entre nous [2], ont montré récemment la complexité notable de la réserve glucidique du *Topinambour* déjà entrevue par Tanret.

Cette complexité se retrouve-t-elle ailleurs et, s'il en est ainsi, l'inuline et les fructosides satellites sont-ils les mêmes ?

Pour répondre à ces questions, nous avons exploré les organes souterrains des espèces appartenant aux sous-familles systématiquement les plus éloignées les unes des autres, afin d'avoir une idée d'ensemble : *Circium oleraceum* et *C. palustre*, *Serratula tinctoria*, *Centaurea jacea* (Cynaroïdées), *Doronicum plantagineum* (Sénécioïdées), *Berardia subacaulis* (Labiatiflores), *Elephantopus cardinianus* (Vernonioïdées), *Taraxacum dens-leonis*, *Hypochœris radicata* (Chicoracées), toutes, autant que possible, récoltées au même moment, c'est-à-dire au début de la période de repos. Leurs sucres ont été extraits d'abord par l'alcool à 80° bouillant et ceux qui restent par l'eau à 100°, à pH 7. L'analyse de chacune de ces fractions a été conduite simultanément par hydrolyse enzymatique et acide et par chromatographie sur papier.

Il résulte de ces recherches que la composition des glucides accumulés dans les organes souterrains des Composées est toujours complexe : remarquablement uniforme, malgré l'immensité du groupe, du point de vue de la nature des fructosides formés; diverse seulement par le taux de sucre total produit et par les proportions des divers constituants des mélanges glucidiques.

Les chromatogrammes sur papier des extraits aqueux montrent, à côté de l'inuline typique qui ne se déplace pas, une certaine proportion de satellites à grosses molécules qui forment une courte traînée à partir de la tache initiale, comme on le voit pour le Topinambour.

L'étude des pouvoirs rotatoires des liqueurs conduit aux mêmes conclusions : ils sont toujours un peu inférieurs à celui de l'inuline, mais la poudre glucidique qui précipite la première présente précisément un pouvoir rotatoire de $[\alpha]_D^{15} = -42°$ et une solubilité à 15° de 0,02 pour 100 parties

---

(1) J. Augier et M. L. Rubat du Merac, *Revue scientifique*, **3311**, 1951, p. 167.

(2) M. Quillet, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 542.

d'eau. C'est donc de l'inuline typique et les glucides qui l'accompagnent ne peuvent être que des produits du type inulénine et hélianthénine.

Les chromatogrammes des extraits alcooliques, beaucoup plus intéressants, montrent qu'il existe encore, en plus du fructose et du saccharose, un même nombre de fructosides (une dizaine) solubles dans l'alcool à 80°, qui s'étagent tous d'une façon rigoureuse aux mêmes niveaux que ceux du Topinambour que nous avons pris comme référence.

La différence de pouvoir rotatoire spécifique des solutions tient donc seulement à la proportion variable des composants comme il ressort, d'une part des dosages séparés de réducteurs, du saccharose et des fructosides et, d'autre part, des intensités des taches sur les chromatogrammes.

Le premier tableau donne un échantillon de l'uniformité des déplacements des taches dans toutes les espèces étudiées.

TABLEAU I. — *Chromatogrammes des fructosides passant dans l'alcool à* 80°.
(le déplacement du fructose est pris pour référence = 100).

	Fruct.	A.	B.	C.	D.	E.	F.	G.	H
Hélianthus tuberosus	100	76,8	60	52	38,2	29,6	–	–	–
Berardia subacaulis	100	77,7	60,2	51,8	38,8	29,5	20.9	14,7	10
Doronicum plantagineum	100	77,5	60	49,6	37,5	29,2	21,7	15.4	10
Cirsium oleraceum	100	77	59,7	50	38,6	27,5	19.3	14	10
Taraxacum dens-leonis	100	77	59,7	49	37,7	29	21.1	15.2	–
etc.									

Le deuxième tableau met en évidence la diversité de composition de quelques-unes des espèces analysées.

TABLEAU II.

	Glucides totaux (*).	Extrait alcoolique (**).				Extrait aqueux (**).	
		α_D.	R.	S.	F.	$[\alpha]_D$.	F.
Doronicum plantagineum (Sénécioïdées)	42,8	–22°	2,1	2,2	13,5	–41°	82,0
Berardia subacaulis (Labiatiflores)	60,3	–20°	3,6	4,7	26,6	–37°	65,1
Cirsium oleraceum (Cynaroïdées)	19,9	–10°	1,0	3,7	27,0	–38°	68,3
Taraxacum dens-leonis (Chicoracées)	46,7	–13°	1,2	3,5	15,1	–39°	80,2
Hélianthus strumosus	67,3	– 9°	0,1	2,0	21,6	–37°	76,3
Elephantopus cardinianus (Vernonioïdées) (à la reprise de la végétation)	22,4	+19°	0	14,6	8,6	–42°	76,8

(*) Pour 100 g d'organes secs.
(**) Réducteurs, saccharose et fructosides pour 100 des glucides totaux.

EMBRYOLOGIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Datiscacées. Développement de l'embryon chez le* Datisca cannabina *L.* Note de M. **Pierre Crété**, présentée par M. René Souèges.

L'embryon du *Datisca* se rattache au sous-archétype du *Capsella Bursa-pastoris*. Par la simplicité et la régularité de ses segmentations et le très faible développement de son suspenseur, il est absolument comparable à celui du *Begonia semperflorens*. Ainsi se trouve confirmée l'étroite parenté des Datiscacées et des Bégoniacées qui, du point de vue embryogénique, se montrent bien différentes, les uns et les autres, des Saxifragacées et des Loasacées.

Réduite aux seuls genres *Tetrameles*, *Octomeles* et *Datisca*, la famille des Datiscacées ne présenterait qu'un intérêt tout relatif dans la classification des Dialypétales si tout le monde était d'accord sur ses affinités réelles. Très souvent, on s'accorde pour la considérer comme étant fort voisine des Bégoniacées et les deux familles sont traitées côte à côte aussi bien chez Warburg, dans Engler et Prantl ([1]), que dans les systèmes adoptés par Lindley ([2]), Bentham et Hooker ([3]) et Van Tieghem ([4]), par exemple. Cependant Adanson ([5]) est d'avis que les *Datisca* s'apparentent aux Saxifragacées des genres *Hydrangea* et *Philadelphia*; Baillon ([6]), de son côté, pose également la question de leur appartenance aux Saxifragacées et de l'intérêt qu'elles offriraient en tant que termes de passage entre les Pipéracées et les Urticacées. Afin de contribuer à résoudre ce problème, il serait intéressant de recourir à des renseignements d'ordre anatomique et, plus spécialement, à ceux qui concernent l'appareil reproducteur. On sait encore peu de choses à ce sujet et l'embryogénie des Datiscacées nous est en particulier tout à fait inconnue.

L'embryon, chez le *Datisca cannabina*, présente une régularité remarquable dans ses segmentations; les divisions se font de façon presque schématique. Il se rattache à l'archétype du *Myosurus minimus* et, plus spécialement, aux espèces qui se groupent autour du sous-archétype du *Capsella Bursa-pastoris* ([7]). La cellule apicale *ca* du proembryon bicellulaire (*fig.* 1) est à l'origine des quadrants (*fig.* 4), puis des octants (*fig.* 5 et 6), dans lesquels des parois périclines isolent le dermatogène (*fig.* 7 et 8). Dans les éléments situés à l'intérieur de cet histogène, des cloisons verticales donnent naissance, à l'extérieur,

---

([1]) O. Warburg, *Pflanzenfamilien de Engler et Prantl*, 3e série, 6 Abt., p. 150, Leipzig, 1894.

([2]) *The vegetable kingdom of the structure, classification and uses of plants, illustrated upon the natural system*, London, 1853.

([3]) *Genera plantarum*, Londres, 1862-1883, 1, p. 844.

([4]) *Traité de Botanique*, Paris, 1891.

([5]) *Les familles des plantes*, Paris, 1763.

([6]) *Histoire des plantes*, Paris, 3, p. 463.

([7]) R. Souèges, *Embryogénie et classification* (3e fasc., *partie spéciale : première période du système*, Paris, 1948.)

aux cellules mères des cotylédons, à l'intérieur, aux cellules qui participeront à la construction de l'épicotyle (*fig.* 12 à 14). Dans les octants inférieurs, la séparation des divers histogènes, dermatogène, périblème et plérome, s'effectue selon les processus habituels par cloisonnements verticaux (*fig.* 7 à 10). Dans le plérome, l'isolement du péricycle s'accomplit souvent dès la fin de la vie proembryonnaire (*fig.* 15). La cellule basale *cb* du proembryon cellulaire se divise transversalement en deux éléments *m* et *ci*. C'est la cellule *m*

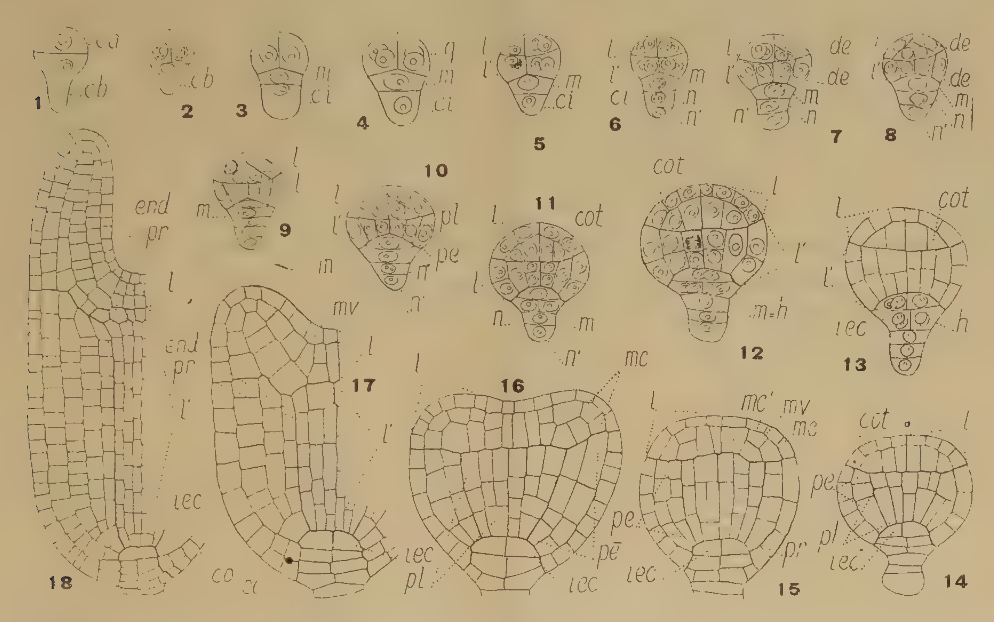


Fig. 1 à 14. — *Datisca cannabina* L. — Les principaux termes du développement de l'embryon; *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *m*, cellule intermédiaire de la tétrade ou hypophyse (*h*); *ci*, cellule inférieure de la tétrade; *n* et *n'*, cellules filles de *ci*; *q*, quadrants; *l*, octants supérieurs ou partie cotylée; *l'*, octants inférieurs ou partie hypocotylée; *de*, dermatogène; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *cot*, cellule mère d'un cotylédon; *iec*, initiales de l'écorce de la racine; *pr*, péricycle; *mv*, méristème vasculaire du cotylédon; *mc* et *mc'*, méristèmes corticaux externe et interne du cotylédon; *end*, endoderme; *co*, coiffe. G. = 320; 230 pour 18.

qui se cloisonne directement à l'aide d'une paroi horizontale en forme de verre de montre dont les bords viennent s'appuyer sur la partie hypocotylée, au niveau du dermatogène (*fig.* 9 et 10) : comme chez le *Begonia* ([8]), la cellule hypophysaire se différencie par conséquent directement aux dépens de la cellule intermédiaire de la tétrade. Au niveau de chacun des étages ainsi formés, il se constitue quatre cellules circumaxiales : celles du haut sont les initiales de l'écorce au sommet radiculaire; celles du bas, en se segmentant transversalement, puis verticalement, sont à l'origine de la portion médiane de la coiffe (*fig.* 10 à 15). La cellule *ci* est remarquable parce qu'elle ne donne jamais naissance à plus de trois éléments superposés qui constituent un suspenseur extrêmement court et fugace.

Les formes embryonnaires se distinguent seulement des formes proembryonnaires, au niveau de l'hypocotyle, par un accroissement considérable du nombre des cellules et par l'individualisation rapide d'un endoderme très net. Dans la partie cotylée, la différenciation des cotylédons est particulièrement facile à suivre. Dans la forme proembryonnaire

---

([8]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 534.

figurée en 15, étaient déjà identifiables les cellules mères du méristème vasculaire et des méristèmes corticaux interne et externe, isolées aux dépens de la cellule *mc*. Les figures 16 à 18 font clairement ressortir comment s'édifient les cotylédons à partir de leurs initiales. Il existe une légère différence entre les *Datisca* et les *Begonia* à ce point de vue. Chez les *Begonia*, la différenciation des initiales des méristèmes s'effectue plus tardivement, dans les protubérames cotylédonaires déjà bien développées.

L'ensemble des résultats de cette étude est de nature à confirmer l'étroite parenté des Datiscacées et des Bégoniacées. Par contre, il paraît évident qu'il n'existe aucune affinité entre les embryons de ces familles, qui se classent dans la première période de la classification embryogénique, et ceux des Saxifragacées qui appartiennent à la seconde période de ce système. De même, il ne semble pas rationnel de réunir, comme le propose par exemple Warburg, les Datiscacées et les Bégoniacées aux Loasacées, dans une même série, puisque, chez les Loasacées, les lois du développement, bien différentes, sont comparables à celles qui président à l'édification de l'embryon chez les Solanacées ([9]).

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Transmission par double greffage d'une panachure infectieuse de la Vigne*. Note (*) de M. **André Vuittenez**, présentée par M. Albert Demolon.

Une maladie de la Vigne caractérisée par une panachure du feuillage est actuellement commune dans le vignoble d'Alsace où elle se comporte comme une maladie de dégénérescence. La vigueur et le rendement des ceps panachés diminuent progressivement, surtout chez certains cépages tels que le Traminer où très vite les grappes ne portent plus que des grains peu nombreux et de très petite taille (coulure et millerandage). Dans certains cas, les ceps atteints de longue date peuvent même périr.

La période la plus favorable à la détection précise de la Panachure coïncide, en Alsace, avec le début de juin. Les marbrures foliaires ont alors une couleur jaune d'or très apparente qui permet de repérer les ceps malades à distance. La prospection du vignoble nous a permis de relever un nombre important de parcelles envahies où nous avons fait les constatations suivantes :

Les ceps atteints de Panachure sont, le plus souvent, groupés en taches plus ou moins étendues assez régulières.

Dans plusieurs de ces foyers repérés depuis 1949, on a noté une progression apparente de la maladie vers l'extérieur.

([9]) P. Crété, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 920.

(*) Séance du 11 février 1952.

Ces observations suggèrent une maladie contagieuse qui, en raison des symptômes foliaires, pourrait être une maladie à virus. Nous avons donc essayé de transmettre la Panachure par le greffage. Pour réaliser ces expériences, nous adaptons à la Vigne la technique du *double greffage simultané* employée dans l'étude des maladies à virus des arbres fruitiers. L'écussonnage étant malaisé chez la Vigne, nous plaçons simplement sur une bouture de porte-greffes deux greffes anglaises, soit au même niveau (greffes en Y), soit l'une sur l'autre (greffes sandwichs).

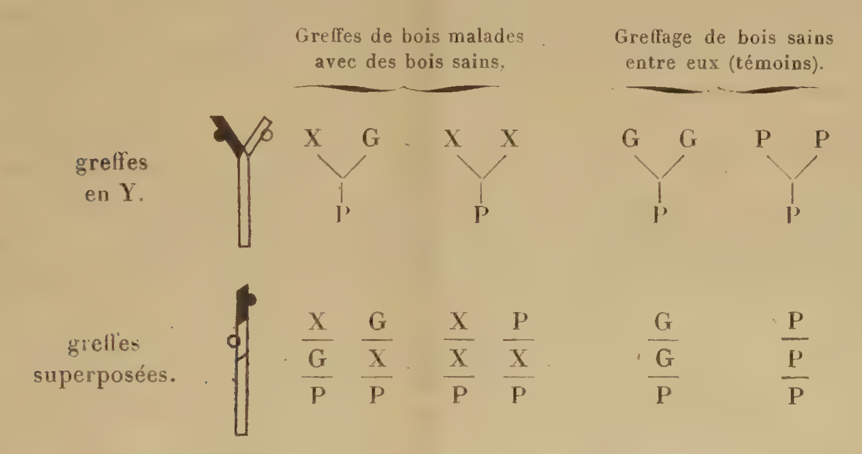
Dans chaque expérience, les sarments de trois pieds sont utilisés :

1. Un bois (X) provenant d'une souche panachée.

2. Un bois (P) d'hybride porte-greffe *Riparia-Berlandieri* (Kober 5 BB) provenant d'une souche vigoureuse apparemment saine.

3. Un bois (G) de *Vinifera* (Gewürztraminer) provenant d'une souche sélectionnée apparemment saine.

On effectue avec ces trois bois les combinaisons suivantes :



Les boutures greffées en mars 1950 ont été stratifiées selon la technique ordinaire, puis plantées en pots dans une serre où elles se sont développées pendant une année. La reprise a été satisfaisante et, grâce à cette technique de greffes multiples, nous avons pu constater très tôt la transmission de la Panachure.

Quelques mois après la soudure des greffes, les premiers symptômes sont apparus non seulement sur le feuillage des pousses des bois issus des souches malades (X), mais également sur plusieurs pousses de bois d'origine saine (G et P) greffés à un bois de Vigne malade ou ayant été en contact avec lui temporairement par le bourrelet de greffe. La maladie a donc bien été communiquée par le bois malade, car les combinaisons témoins des bois sains seulement ont gardé un feuillage normal.

Les symptômes sur les plantes cultivées en serre étaient assez différents de ceux de la souche-mère. Par exemple, chez le Kober 5 BB contaminé

expérimentalement, le feuillage était gaufré et portait seulement des marbrures vert clair qui se nécrosaient rapidement sans avoir jamais la teinte jaune vif de la Panachure; l'observation du résultat des expériences était ainsi plus délicate qu'en plein air. Dans certaines expériences, plusieurs pousses greffées sur des bois malades n'ont même pas extériorisé des symptômes. En 1951, par contre, toutes les plantes des essais ont été cultivées en plein air. Les symptômes de Panachure sont alors apparus avec éclat et, au mois de juillet 1951, soit 15 mois après le début des expériences, la transmission de la Panachure pouvait être observée pour 26 cas différents provenant de localités et de cépages variés, avec les mêmes symptômes que sur le Kober 5 BB et le Gewürtztraminer inoculés expérimentalement. Ils paraissent donc provoqués par une même maladie, transmissible par greffe, du groupe des maladies à virus.

PHYSIOLOGIE. — *La modification des noyaux des cellules nerveuses par suite d'une forte excitation.* Note de Mlle **Paulette Berger**, transmise par M. Robert Courrier.

Dans deux Notes précédentes [1] j'ai décrit deux types de réactions histochimiques [2] des noyaux des cellules nerveuses, qui semblent être liées à leur différente teneur en caroténoïdes et j'ai signalé que leurs comportements sont en relation avec les différences dans le mode d'activité des neurones.

Il m'a semblé intéressant de vérifier si la différence des colorations des noyaux est due uniquement à leur nature différente ou s'il y a, en plus, modification physicochimique de ces noyaux au cours de l'excitation. Dans ce but, j'ai fait une étude comparative sur les moelles de Grenouille à l'état normal et après crise épileptiforme provoquée, soit par le froid d'après la méthode d'Ozorio de Alméida, soit par la strychnine. D'autre part, pour obtenir des moelles en parfait état de repos, j'ai employé du gardénal injecté dans le sac lymphatique.

Les différentes séries de moelles examinées ont donné un résultat positif, c'est-à-dire un nombre de noyaux verts (riches en caroténoïdes) supérieur dans les moelles après excitation que dans celles à l'état normal. Pour confirmer ces résultats, j'ai fait une première étude statistique portant sur deux couples de moelles.

Dans cette série, les quatre moelles différentes (deux après la crise et

---

(1) *C. R. Soc. Biol.*, 144, 1950, p. 606 et 145, 1951, p. 360.

(2) Cette réaction ne s'obtient d'une manière satisfaisante qu'avec le Vert de méthyle Pyronine Merck ancienne formule.

deux traitées au gardénal) ont été incluses dans le même bloc de paraffine ce qui a permis de les traiter simultanément. Ces moelles ont été coupées en série complète et j'ai compté les noyaux dans chaque 25e coupe. En tout 77 coupes ont été comptées dans un champ délimité conventionnellement.

Voici la moyenne des pourcentages des noyaux verts :

Moelle après crise.	*Moelle à l'état normal.*
$M_1 = 23,3$ %	$M_2 = 13,6$ %
$M_3 = 17,4$ %	$M_4 = 9,2$ %

Différences des moyennes.	*Erreur type des différences.*	$\frac{D_{x,y}}{E_{x,y}}$.
$D_{1,2} = 9,7$	$E_{1,2} = 3,35$	2,9
$D_{3,4} = 8,2$	$E_{3,4} = 1,59$	5,16
$D_{1,4} = 14,1$	$E_{1,4} = 2,89$	4,88
$D_{2,3} = 3,8$	$E_{2,3} = 1,90$	2,0

Les rapports des différences aux erreurs types, $D_{x,y}/E_{x,y}$, expriment la signification des différences.

Les trois premières combinaisons présentent une quasi-certitude statistique, la quatrième une certitude statistique passablement assurée (95 %). L'ensemble de ces quatre valeurs présente une vérification très satisfaisante.

Dans une deuxième série de quatre moelles qui ne portait que sur la moitié antérieure de l'organe, on a obtenu :

Noyaux verts après crise.	*Noyaux verts à l'état normal.*
$M_5 = 33,2$ %	$M_6 = 26$ %
$M_7 = 60$ %	$M_8 = 25$ %

Différences des moyennes.	*Erreur type des différences.*	$\frac{D_{x,y}}{E_{x,y}}$.
$D_{5,6} = 7,2$	$E_{5,6} = 4,22$	1,7
$D_{7,8} = 35$	$E_{7,8} = 5,39$	6,5
$D_{5,8} = 8,2$	$E_{5,8} = 3,29$	2,5
$D_{6,7} = 34$	$E_{6,7} = 5,99$	5,7

L'ensemble présente encore une fois une bonne vérification statistique.

Il ressort donc de cette étude que les noyaux de certaines cellules nerveuses se modifient au cours de l'excitation.

Il est encore prématuré de formuler une opinion quant à la signification fonctionnelle de ce phénomène. On peut pourtant signaler que les cellules non excitables, telles que celles du tissu conjonctif, sont caractérisées par une coloration verte, ce qui permet de penser que l'épuisement par une

activité excessive rapproche les cellules nerveuses de l'état d'une cellule inexcitable.

Résumé. — La teneur en caroténoïdes des noyaux des cellules nerveuses varie selon leur mode d'activité. Il est démontré sur les moelles de Grenouilles qu'un épuisement des cellules nerveuses par une crise épileptiforme modifie la réaction des noyaux en les rapprochant du type propre aux cellules inexcitables.

ZOOLOGIE. — *Note sur un Gastéropode pténoglosse : La Janthine,* (Janthina communis *Lamarck.*) Note de Mme **Alice Pruvot-Fol**, présentée par M. Louis Fage.

Dans une relation de voyage (*Astrolabe*, 1832), Quoy raconte que son vaisseau a navigué plusieurs jours et plusieurs nuits dans une mer dont la surface était couverte de Janthines; il peut donc paraître paradoxal de prétendre que ce Mollusque est un des animaux les plus méconnus et au sujet desquels ont cours le plus de notions erronées; et pourtant il en est ainsi.

Sa situation systématique a varié au cours d'un siècle; placée autrefois parmi les Hétéropodes et par Gray parmi ses Ptenoglosses, elle se trouve assez isolée depuis que P. Fischer a réduit, avec raison, ce groupe aux seules familles : *Janthinidæ* et *Scalariidæ*. Le nombre des espèces de Janthines a été certainement exagéré; la présente Note concerne exclusivement l'espèce *J. communis* Lamarck (= *Janthina fragilis* Lamarck).

Dans une précédente Communication, j'ai cherché à montrer que la Janthine est hermaphrodite successive, contrairement à l'opinion courante, qui mentionne des mâles et des femelles, tous deux pourvus de flotteur; cependant, Quoy remarque que des individus ont été trouvés flottant à la surface, bien que dépourvus de leur flotteur. Or, ce flotteur est toujours considéré comme étant, pour le Mollusque, non pas seulement utile, mais vital, la Janthine que l'on prive de cette annexe tombant au fond et ne pouvant la régénérer. Ce flotteur, dit-on, sert non seulement à la maintenir à la surface, mais aussi à porter les coques ovigères fixées à sa face inférieure.

Je pense qu'il y a là une erreur d'interprétation. Il me paraît qu'il s'agit, en réalité, d'un support pour la ponte, qui ne sert que subsidiairement à soutenir l'animal pendant la ponte. Si la plus grande partie de l'existence des Janthines se passe en surface, où se trouve leur nourriture de Siphonophores pélagiques et où elles se reproduisent, le fait de la rencontre de nombreuses pontes sur flotteurs détachés, ainsi que de Janthines n'ayant pas encore leur flotteur, semble bien montrer que celui-ci est produit spécialement en vue de la fonction de reproduction.

Il est un autre point sur lequel je désire attirer l'attention. Le nom de Pténoglosses donné au groupe est basé sur la conformation de la « radula », la terminaison « *glossa* » étant, chez tous les Gastéropodes, celle qui se traduit par « langue » ou radula (*Rachiglossa, Toxiglossa, Gymnoglossa*, etc.) et, de fait, on décrit ainsi la « radula » de la Janthine : « Radula composée de dents nombreuses, allongées, en forme de crochets ou d'aiguillons, semblables entre elles, disposées en rangées.... Formule $\infty - 0 - \infty$; il n'existe pas de dent centrale.... »

Mais ces éléments diffèrent des dents radulaires par plusieurs caractères. Chacun d'eux coiffe une cellule, dont le gros noyau, dans des préparations fixées, est bien visible à son intérieur, c'est-à-dire dans sa base élargie. Ces « dents » ne prennent pas naissance dans un cul-de-sac (gaine radulaire), mais sur une surface. La membrane sur laquelle elles s'insèrent, mince, transparente et souple, s'enfonce distalement dans une poche latérale du côté externe du bulbe buccal, devient libre antérieurement, à l'entrée de la bouche et là se replie en dehors latéralement, mais contre sa paroi externe; plus bas, les épines font défaut et la mince membrane, qui devient ici pigmentée, rejoint la formation symétrique du côté opposé. C'est ce qui a fait dire que la radula avait de nombreuses dents latérales, mais que sa partie médiane n'était formée que d'une membrane ne portant pas de dents.

Toute cette formation, considérée comme radula, est tout à fait insolite. Il n'en est plus de même si on l'interprète comme une paire de mâchoires et si l'on compare les « dents » aux crochets des sacs à crochets de certains Gymnosomes, en particulier de *Clione limacina*, qui, de même, coiffent leur cellule formatrice. Et si les sacs contenant ces mâchoires ne sont pas ici cylindriques, mais aplatis, nous trouvons, chez les Pleurobranches, les poches latérales de leur bulbe buccal aplaties et les mâchoires qu'elles contiennent, réfléchies de même à l'entrée du bulbe, de chaque côté. Ces deux poches sont, chez la Janthine, très vastes, prolongées en arrière des deux côtés de l'œsophage; mais c'est en vain qu'on chercherait en dessous de celui-ci, à sa place habituelle, une gaine radulaire : il n'y en a pas. Ni gaine, ni odontoblastes, ni dents.

Mais alors, si la formation décrite représente des mâchoires, où se trouvent les « mâchoires » auxquelles il est fait allusion partout comme existant chez la Janthine en sus de la radula ? Ce qui a été pris pour des mâchoires, c'est une autre membrane extérieure à celle-ci et qui, bien que très mince et transparente, pigmentée par places, est formée d'éléments polygonaux, assez régulièrement hexagonaux à la partie antérieure, devenant vers l'arrière plus petits et moins réguliers et que je comparerais pour la forme aux briques à paver appelées « tommettes ». Bien que très plats, ils ont double paroi, externe et interne, ce qui se voit très bien là

où le pigment fait défaut; ils sont optiquement vides. Cela correspond aux éléments de ce que l'on appelle, chez les Gastéropodes, « cartilages de soutien », que l'on trouve dans le bulbe buccal de certains Prosobranches. Bien que cette membrane soit ici trop mince pour servir de soutien, à plus forte raison de mâchoires, elle permet le glissement en avant et en arrière de la mâchoire.

La conclusion est que la *Janthina communis* possède deux mâchoires mobiles et préhensiles, faites de longues et fines épines insérées dans une membrane mince et ne possède pas trace de radula.

BIOLOGIE. — *Influence de l'extrait de thymus sur la créatinurie déterminée par l'œstradiol chez le Cobaye.* Note (*) de M. **J. Comsa**, transmise par M. Robert Courrier.

Les expériences antérieures ont montré que l'augmentation de l'excrétion de créatine, se produisant dans les 24 heures qui suivent une injection d'œstradiol ([1]), est influencée par le thymus. Ce fait résulte des déterminations de la plus petite quantité d'œstradiol (appelée dans ce qui suit le seuil de l'œstradiol) capable d'élever l'excrétion de créatine. Chez des Cobayes femelles ayant subi l'extirpation du thymus, de la thyroïde et des ovaires, ce seuil était de 0,04 γ de benzoate pour 100 g de poids vif; chez des animaux ayant subi seulement l'extirpation de la thyroïde et des ovaires, il était de 0,5 γ. Le second groupe d'animaux ne différant du premier que par la présence du thymus, la conclusion a pu être tirée que cette différence exprime l'influence du thymus ([2]).

Il sera rendu compte dans ce qui suit d'une tentative de vérifier cette conclusion à l'aide d'un extrait de thymus hautement purifié. Cet extrait est préparé d'après la méthode de Bezssonoff, et titré en unités-cobaye d'après la méthode de Comsa ([3]).

Cet extrait : 1° s'est montré capable de supprimer les conséquences de la thymectomie ([4]), ([5]), ([6]); 2° il reproduit l'action antithyroïdienne du thymus [*voir* la littérature dans ([4])]; 3° il reproduit l'action retardatrice du thymus sur le développement génital du Cobaye ([7]); 4° il exerce une action chimiotactique

(*) Séance du 25 février 1952.

([1]) Benzoate.

([2]) *R. Canad. biol.*, 7, 1948, p. 615.

([3]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 2061.

([4]) *Amer. Journ. of physiol*,, 166, 1951, p. 550.

([5]) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1185.

([6]) *Ann. d'endocr.*, 12, 1951, p. 562.

([7]) *Ann. d'endocr.*, 12, 1951, p. 91.

sur les lymphocytes ([8]), qui peut être rapprochée de celle que Ch. Grégoire a constatée pour le thymus ([9]).

L'augmentation de l'activité des extraits, obtenue par purification progressive, s'est montré sensiblement parallèle dans les épreuves citées plus haut ([4]). Il a pu être conclu que tous ces aspects de la physiologie du thymus semblent bien liées à une seule substance. L'emploi de l'extrait de Bezssonoff et Comsa (BC) se justifie donc dans une tentative de reproduire une autre action de thymus.

Expérience. — Cobayes des deux sexes, castrés et thymithyréoprives. Injection de quantités variables d'extrait de thymus BC; injection de doses variables d'œstradiol 24 heures plus tard ([10]) (quatre animaux pour chaque dose d'œstradiol). Dosage de la créatine (méthode de Folin) dans les urines des 24 h qui suivent l'injection d'œstradiol. Recherche de la plus petite quantité d'œstradiol qui : *a.* élève la créatinurie de chacun des quatre animaux à plus de 1,0 mg pour 100 g; *b.* élève la valeur moyenne de tous les quatre animaux à plus de 1,2 mg. Cette dose d'œstradiol est considérée comme le seuil si *c.* l'injection de 110 % de cette dose détermine une créatinurie d'au moins 1,5 mg chez chacun des quatre animaux et *d.* une injection de 90 % du seuil n'élève pas la créatinurie moyenne des quatre animaux jusqu'à 1,0 mg.

L'emploi de la créatinurie comme épreuve de l'interaction entre le thymus et les gonades a été justifiée ailleurs ([2]).

Cette détermination répétée avec des doses variées d'extrait BC a donné le résultat suivant :

Dose d'extrait (unités-cobaye pour 100 g de poids vif).	Seuil de l'œstradiol (γ pour 100 g de poids vif). Mâles.	Femelles.
0	0,05	0,04
1	0,10	0,05
2	0,27	0,12
3	0,55	0,23
4	0,95	0,34
5	1,50	0,50
6	2,10	0,70
8	–	1,20
10	–	1,70

([8]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 2085.

([9]) *Arch. de biol.*, Paris, 46, 1935, p. 717.

([10]) L'action de l'extrait de thymus a montré un temps de latence de 24 heures environ alors que l'action de l'œstradiol montre son intensité maxima dans les 24 heures qui suivent l'injection. En donnant l'extrait de thymus 24 heures avant l'œstradiol, on se place donc dans les conditions d'action maxima des deux préparations.

L'extrait de thymus BC élève donc le seuil de l'œstradiol chez le Cobaye thymithyréoprive castré. Cette élévation est continue; elle peut être exprimée de la façon suivante :

chez les mâles : $0,06x^2 - 0,01x + 0,05 = y$;

chez les femelles : $0,022x^2 - 0,02x + 0,04 = y$;

où (x) est la quantité d'extrait BC et (y) la dose d'œstradiol. Chez les mâles, les valeurs expérimentales se sont rangées à $97,7 \pm 1,1$ % des valeurs calculées; chez les femelles, à $100,6 \pm 8,8$ %.

On peut conclure que, chez le Cobaye thymithyréoprive castré, le seuil de l'œstradiol est une fonction quadratique de la dose d'extrait de thymus injectée 24 h auparavant. Cette observation vérifie l'hypothèse d'une opposition entre le thymus et l'œstradiol.

BIOLOGIE DES INSECTES. — *Contribution à l'étude du déterminisme de l'envol du Doryphore,* Leptinotarsa decemlineata *Say.* Note de M. **Jean-René Le Berre**, présentée par M. Émile Roubaud.

A la suite d'observations effectuées dans la nature, un certain nombre de constatations ont été faites par nous sur les conditions d'envol du Doryphore adulte [1]. Il nous était apparu alors que « l'incitation au vol du Doryphore tient plus à l'action directe des radiations solaires, qu'à l'action de la température ambiante.

Nous avons pensé remplacer cette source naturelle d'énergie par l'utilisation au laboratoire de « Lampes à infrarouges » du type Mazda 250 W, dont le spectre d'émission s'étale de 4000 Å à 40000 Å, avec un maximum d'énergie transportée à 12000 Å. Dans nos conditions expérimentales, la lampe est alimentée par un courant de 1,8 A, sous une différence de potentiel de 110 V. Les insectes étudiés peuvent se déplacer dans une zone distante de 15 à 20 cm de la source émettrice d'infrarouges. Les adultes mis en expérience, sortant d'hibernation, correspondent aux Insectes parfaits printaniers.

Deux lots de 50 Imagos sont constitués, l'un A, normalement alimenté par du feuillage de pomme de terre, l'autre B, soumis au jeûne permanent, mais fréquemment approvisionné en eau. Ces lots demeurent à 25° C, en dehors de deux demi-heures consécutives durant lesquelles ils sont exposés aux rayons infrarouges. Pendant ces séances d'irradiation, la température du laboratoire est toujours voisine de 17° C, tandis que celle du sable, sur lequel sont rassemblés les Doryphores, atteint, à la fin de chaque expérience, 30 à 33° C. Précisons immédiatement qu'à cette dernière

(1) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1096.

température, et en l'absence de toute source émettrice de rayons infra-rouges, les vols sont peu fréquents. Par ailleurs, une lampe à incandescence du type normal, de 200 W, ne parvient pas plus à déterminer l'envol massif des adultes. *Or, l'envol du Doryphore, dans les conditions expérimentales exposées ci-dessus, peut être considéré maintenant comme un fait établi*, ainsi qu'en témoigne le tableau suivant qui récapitule les proportions d'envols observés dans les lots A et B, au cours de la première demi-heure d'irradiation.

	Envol (%).	
	Lot A (Insectes alimentés).	Lot B (Insectes non alimentés).
1er jour d'expérience	0	0
2e » »	2	0
3e » »	19,5	0
4e » »	24	0
5e » »	38	0
6e » »	68,7	0
7e » »	87,2	0
8e » »	89,1	18,7
9e » »	100	76,4
10e » »	100	100

Nous remarquerons que le Doryphore n'est pas susceptible de s'envoler d'emblée, et que son état physiologique doit influer fortement sur ses possibilités.

Au cours de la seconde demi-heure d'irradiation, le nombre des insectes qui s'envolent est généralement le même que celui relevé au cours de la précédente demi-heure. *Une accélération est cependant notée dans le rythme des envols.* Ainsi dans le lot A, pendant la première demi-heure, au 8e jour, 18 envols pendant les cinq premières minutes et 20 envols pendant les 5 mn suivantes, furent relevés. Au cours de la seconde demi-heure, il était noté, durant les mêmes périodes, respectivement 29 et 9 envols.

Le marquage des insectes nous a permis de constater les faits généraux suivants pour les imagos du lot A :

1° Tout adulte ayant volé une première fois est capable de s'envoler à nouveau et aussi souvent qu'il se retrouvera dans les conditions favorables.

2° Le temps de latence qui sépare le début de l'irradiation, de l'envol, diminue progressivement d'un jour à l'autre dans la majorité des cas observés. Dans nos expériences, ce temps de latence est toujours égal ou supérieur à 2 mn.

3° L'amplitude du vol, et sa durée, augmentent au cours des premiers jours. De plus, les insectes alimentés « tiennent mieux l'air » que les insectes soumis au jeûne.

4° Avant qu'il ne s'envole, le Doryphore exposé aux rayons infrarouges exécute un certain nombre de mouvements réflexes étroitement liés les uns aux autres. Sans entrer dans le détail, nous signalerons particulièrement :

— La grande excitation des insectes allant jusqu'à la fébrilité;

— Le piétinement sur place et l'agrippement aux aspérités;

— Le phénomène de l'effort déterminant l'ouverture des élytres, puis l'extension des ailes.

— Quelques vibrations alaires précédent l'envol.

Ces réflexes, qui semblent dus à une élévation de la température de l'Insecte, constituent autant d'étapes qu'il doit franchir successivement avant d'être « apte au vol ». Des expériences en cours ont pour but d'étudier les modifications du milieu intérieur du Doryphore, à sa sortie d'hibernation, et d'évaluer les augmentations de température de la région des muscles alaires, due à l'énergie émise par la source utilisée. Les différents travaux portant sur le vol chez l'Insecte suggèrent, en effet, une évolution physiologique préalable, en dehors de laquelle les conditions externes demeurent insuffisantes pour déterminer l'Envol, puis le Vol.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les formes cristallines et le point de fusion du kitol.* Note (*) de MM. **Henri Chatain** et **Alexandre Fridenson**, présentée par M. Maurice Javillier.

Dans une précédente Note ([1]) nous avons publié les spectres ultraviolets et les réactions de Carr-Price du kitol et de son diacétate cristallisés, dans le but d'établir une comparaison entre les formes alcool et ester de cette provitamine A.

Nos expériences ont été faites en utilisant le kitol purifié par la cristallisation dans le méthanol (F 98-100° C, au bloc de Kofler). Ces cristaux nous apparaissent identiques à ceux décrits par Clough et ses collaborateurs ([2]) (F indiqué : 95-97°; même solvant de cristallisation).

Or, en recristallisant ce kitol dans le formiate d'éthyle, nous avons obtenu

(*) Séance du 25 février 1952.

([1]) Chatain et Debodard, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 105.

([2]) *Science*, 105, 1947, p. 436.

([3]) Microanalyses effectuées par le Docteur Peisker-Ritter, à Brugg (Suisse).

des cristaux fondant à 136-137° C. Inversement, les cristaux F 136-137°, repris dans le méthanol conduisent de nouveau aux cristaux F 98-100° C.

Nous avons cru tout d'abord à une nouvelle forme cristalline du kitol, mais les déterminations ([3]) effectuées parallèlement sur les deux espèces de cristaux nous ont donné les résultats suivants (colonnes 1 et 2 du tableau).

	Déterminations analytiques.		Formules calculées.	
	Cristaux (136-137°).	Cristaux (98-100°).	Dimère de l'axérophtol $(C_{20}H_{30}O)_2$.	$(C_{20}H_{30}O)_2$, $2CH_3OH$.
	1.	2.	3.	4.
Carbone (%)	83,84	79,25	83,86	79,19
Hydrogène (%)	10,46	10,63	10,56	10,76
Poids moléculaire (micro-Rast)	576	609	572	636
Nombre des doubles liaisons	8,05	7,15	8	7,22
Hydrogène actif % (Zerewitinoff Roth)	0,37	0,70	0,35	0,63

Si l'on admet pour le kitol la formule brute $(C_{20}H_{30}O)_2$ (colonne 3), dimère de l'axérophtol, les résultats obtenus sur les cristaux F 136-137° sont en bon accord avec cette formule. Par contre, ceux obtenus sur les cristaux F 98-100° C en diffèrent notablement.

Les cristaux fondant à 98-100° C contiennent donc vraisemblablement du méthanol de cristallisation. Les résultats de déterminations effectuées sur ces cristaux s'accordent assez bien avec la formule théorique $(C_{20}H_{30}O)_2$, $2\,CH_3OH$ (colonne 4).

Il semble que l'on puisse rapprocher ces faits de ceux observés par Baxter et Robeson ([4]) à propos de la vitamine A cristallisée : cristaux de Baxter et Robeson, obtenus dans le formiate d'éthyle : F 63-64° C; cristaux de Holmes et Corbet ([5]), obtenus dans le méthanol : F 7 à 8° C (renferment du solvant de cristallisation).

Le point de fusion du kitol cristallisé pur paraît donc se situer vers 136-137° C. La formule brute du kitol se trouve par ailleurs confirmée par les analyses effectuées sur son di-acétate et son diphénylazobenzoate cristallisés ([1]).

Déterminations (%).	Diacétate de Kitol. Calculé.	Diacétate de Kitol. Trouvé.	Diphénylazobenzoate. Calculé.	Diphénylazobenzoate. Trouvé.
Carbone	80,44	80,29	80,12	80,07
Hydrogène	9,82	9,69	7,74	7,50
Azote	–	–	5,66	5,71

([4]) *J. Amer. Chem. Soc.*, 64, 1942, p. 2411.
([5]) *J. Amer. Chem. Soc.*, 59, 1937, p. 2042.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur des complexes ferrisulfuriques et ferrichlorhydriques de certains constituants biochimiques azotés*. Note de Mme **Marthe Diament** et M. **Ernest Kahane**, présentée par M. Maurice Javillier.

La séparation de certaines bases organiques repose sur leur volatilité; celle des bases lourdes sur leur extraction en milieu alcalin par des solvants organiques ou sur leur précipitation par des anions complexes de métaux lourds. La séparation des ammoniums quaternaires offre des difficultés, car ils sont fixes, insolubles dans les solvants non oxyhydrylés, et ne possèdent pas de réactions spécifiques de précipitation. Le problème est résolu depuis peu pour la choline, mais non pour les autres substances de la même famille; la bétaïne, les esters phosphorique et glycérophosphorique de la choline ont été caractérisés comme constituants biochimiques, mais au terme de séparations laborieuses, peut-être sujettes à des arte fact, applicables comme des cas d'espèce aux extraits riches, et de rendement inconnu. Il n'est donc pas superflu de rechercher de nouvelles méthodes de précipitation de ces bases, dans l'espoir de les identifier et de les doser dans les extraits végétaux et animaux, puis d'aborder l'étude de leur rôle biologique.

La technique de défécation par l'hydroxyde de fer naissant, préconisée par E. Kahane et Jeanne Lévy [1], et inspirée de celle de Luneau, nous a mis sur la voie de réactions de précipitation qui présentent un certain caractère sélectif, et nous paraissent utilisables, en particulier pour l'étude des ammoniums quaternaires biochimiques.

1. Les solutions aqueuses concentrées de sulfate et de chlorure ferrique, dont le caractère complexe est bien connu, donnent des précipités avec les solutions alcooliques ou alcooloacétoniques de diverses substances biochimiques azotées. Les sels complexes précipités sont mal définis, leur composition variant avec les conditions opératoires. L'ion ferrique y est dissimulé à certaines de ses réactions. Ce sont des produits pulvérulents, hydratés, souvent hygroscopiques, ocre clair, solubles dans l'eau, insolubles dans les solvants organiques. Par reprécipitation à l'alcool de leurs solutions aqueuses, leur composition varie progressivement pour aboutir à de véritables sels basiques insolubles dans l'eau. La substance précipitée peut être régénérée par traitement des ferrisulfates ou ferrichlorures redissous dans l'eau par du carbonate de calcium ou de baryum ou par de l'hydroxyde d'argent.

2. *Ferrisulfates*. — La réaction de précipitation est franchement positive avec la diméthylamine, la pyridine, l'aminoéthanol, la choline et ses esters, la

---

(1) *Bull. Soc. Chim. biol.*, 21, 1939, p. 223

bétaïne, l'acide et l'amide nicotiques, le glycocolle, l'alanine, la cystine, les peptones, l'urée, l'asparagine; elle l'est faiblement avec l'aniline et la diméthyl-aniline; elle est négative avec la tyrosine et l'acétamide. Le type des produits isolés est très variable. Exemple : avec l'amide nicotique $(SO_4)_3 Fe_2$, $2(C_5H_4NCONH_2)$, $4H_2O$; avec le glycocolle : $3(SO_4)_3 Fe_2$, $2(NH_2CH_2CO_2)_3 Fe$, $16H_2O$.

Nous avons particulièrement étudié la précipitation de l'acide choline-phosphorique synthétique. Opérant dans le méthanol, nous avons reconnu : 1° que la sensibilité de la réaction est médiocre (2 °/₀₀ environ); 2° que la précipitation n'est pas quantitative et passe par un maximum de 75 % pour décroître avec l'excès de réactif ferrique; 3° qu'elle est faiblement sélective, beaucoup de bases voisines de la choline et la choline elle-même précipitant dans les mêmes conditions; 4° que le sel obtenu retient énergiquement de l'eau qui est lentement éliminée à 150°; 5° que l'acide choline-phosphorique agit comme anion; 6° que ce sont des sels neutres, dont la composition, en fonction du réactif ferrique utilisé, varie d'abord rapidement pour se stabiliser au voisinage de $(SO_4)_7[PO_4C_2H_4N(CH_3)_3]_4Fe_6$, $10H_2O$ lorsqu'on emploie au moins 8 Fe pour 1 N.

3. *Ferrichlorures.* — La réaction est plus spécifique que la précédente, et ne se produit pas avec le glycocolle, la bétaïne, la choline ou son ester sulfurique. Elle a lieu avec les substances amphotères à caractère acide accusé : acides nicotique, glutamique, choline-phosphorique. Avec l'acide choline-phosphorique, dans l'éthanol ou dans le mélange éthanol-acétone, la précipitation est quantitative, même pour un grand excès de réactif; la sensibilité de la réaction est de 1 pour 10 000. La composition du sel complexe précipité, en fonction du chlorure ferrique utilisé, varie d'abord rapidement, puis plus lentement, sans présenter aucun palier. Par rapport au fer, il s'enrichit en chlore et s'appauvrit en acide choline-phosphorique. Le plus souvent, les sels précipités sont basiques, contenant pour 6 Fe, 6 à 8 Cl et 9 à 5 choline-phosphates, et se rapprochant de la formule $Cl_7(\text{Ch-phosph})_7(HO)_4Fe_6$, pour $Fe/N = 2,5$. En milieu acidifié par ClH, la précipitation n'est plus quantitative, et les sels obtenus sont neutres. L'un des produits isolés correspond à la formule $Cl_3[PO_4C_2H_4N(CH_3)_3]_3Fe_2$, $6H_2O$.

Conclusion. — En milieu alcoolique, alcoolo-acétonique ou hydro-alcoolique, le sulfate et le chlorure ferriques donnent avec certains composés organiques azotés des précipités, généralement mal définis, que nous considérons comme des complexes ferrisulfuriques et ferrichlorhydriques. Le deuxième de ces réactifs paraît spécifique des substances amphotères à caractère acide fortement accusé, et son emploi peut être envisagé pour la séparation de constituants biochimiques comme les acides nicotique, glutamique et choline-phosphorique.

PHARMACODYNAMIE. — *Contribution à la chimiothérapie rationnelle de la tuberculose. Effet tuberculostatique de la bis-(dihydroxy-2.3 propoxyéthyl)-amine et de son dérivé* N-*laurylé.* Note (*) de MM. **Israël Grundland**, **Paul Rumpf** et **Roger Galland**, présentée par M. Paul Lebeau.

L'analyse des conditions requises pour un effet thérapeutique antituberculeux a conduit à réaliser un schéma moléculaire dans lequel, pour un même nombre de groupements polaires hydroxyliques reliés par un pont éther-oxyde à la partie hydrophobe de la molécule, l'activité prévue apparaît lorsque la molécule possède un groupement alcalin et augmente par adjonction d'une chaîne grasse voisine de la fonction basique.

Après étude du mécanisme physicochimique de la lésion provoquée par le bacille de Koch, l'un de nous a montré l'utilité thérapeutique de l'introduction d'un écran polaire entre la substance du bacille et l'organisme contaminé ([1]). Les molécules du produit médicamenteux doivent donc posséder un radical hydrocarboné, dont la possibilité de fixation à la substance du B. K., par effet Van der Waals-London a été envisagée et prouvée ([2]), et en outre, des groupements polaires qui, orientés vers le milieu aqueux extérieur, soient susceptibles de modifier les caractéristiques primitives de la substance du bacille et d'influencer favorablement la réponse de l'organisme.

La validité de ce schéma moléculaire et l'importance d'une liaison stable entre les parties hydrophile et hydrophobe de la molécule sont soulignées par une comparaison entre l'action du Tween 80 (éthers polyoxyéthyléniques du sorbitol *estérifiés* par l'acide oléique) et celle des produits obtenus par Cornforth, d'Arcy Hart, Rees et Stock ([3]), en condensant, par le formaldéhyde, le Triton A 20 (*éthers* polyoxyéthyléniques du para-tertio-octylphénol). Tous ces émulsionnants dispersent le B. K. en culture homogène dans une phase aqueuse, et un effet antituberculeux a pu être obtenu seulement avec le produit de condensation du Triton A 20 dans lequel les parties polaire et apolaire de la molécule sont liées par un pont éther-oxyde résistant à l'hydrolyse.

L'étude des substances thérapeutiques existantes, notamment celle de la streptomycine et celle de l'acide *p*-aminosalicylique révèle, en outre, l'utilité de groupements alcalins (aminés ou guanidiques) susceptibles d'être retenus par les carboxyles des acides gras du bacille.

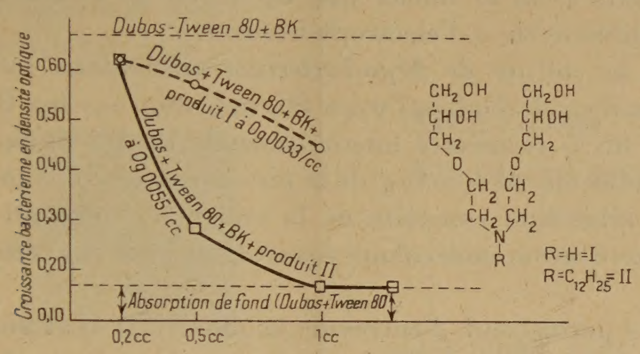
(*) Séance du 25 février 1952.

([1]) I. Grudland et D. Luzzati, *C. R. Soc. Biol.*, **143**, 1949, p. 891.

([2]) I. Grundland, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 74.

([3]) *Nature*, **168**, 1951, p. 150.

Les résultats des travaux d'Erlenmeyer et collaborateurs ([4]) montrent que l'activité antituberculeuse des amines aromatiques substituées en para par un groupement R—O—, R—S— ou R—CO_2— est d'autant plus prononcée que le substituant comprend plus de groupements méthyléniques favorisant la fixation du produit au B. K. par la chaîne grasse et non par la fonction amine. L'aspect extérieur du bacille est, en effet, profondément modifié dans le premier cas par un écran de groupements polaires amine.



Croissance bactérienne en densité optique de la culture de BK après 8 jours dans l'étuve, en fonction de la concentration des produits I et II ajoutés; lectures à l'électrophotomètre à 18° (écran rouge).

Il nous a paru cependant plus utile d'utiliser simultanément comme points d'attache les deux possibilités envisagées, en rapprochant la chaîne grasse et le groupement alcalin dans une molécule comportant d'autres groupements polaires. Nous nous sommes donc proposé de réaliser un schéma moléculaire comportant : *a. la présence d'une chaîne grasse et d'un groupement alcalin voisins* (pour maintenir la molécule thérapeutique sur le bacille); *b. la présence d'un certain nombre de groupements faiblement polaires* (afin de modifier les caractéristiques du bacille et la réponse de l'organisme); *c. une liaison stable entre les deux fractions utiles de la molécule* (*polaire et apolaire*), par exemple par un pont éther-oxyde. L'étude de la balance hydrophile-lipophile devait nous orienter sur les possibilités de diffusion de la substance médicamenteuse dans l'organisme. Enfin, nous avons jugé bon de choisir des groupements faiblement polaires, afin d'éviter que le produit médicamenteux ne risque d'être arraché de la surface du B. K.

Deux structures moléculaires simples répondant à ces conditions ont été retenues : d'une part la *bis*-(dihydroxy-2.3 propoxy éthyl)-amine (I) et ses dérivés alcoylés à l'azote (dérivé lauryle : II), et d'autre part, le lauryloxy-3 diméthylaminoéthoxy-4 tétrabenzoyl-1.2.5.6 mannitol, dont

---

([4]) H. Bloch, G. Brubacher, H. Erlenmeyer et E. Suter, *Helvet. Chim. Acta*, 30, 1947, p. 539.

les synthèses seront décrites dans un autre recueil. La présente Note concerne l'activité antituberculeuse des produits (I) et (II). Ce sont des substances tensioactives qui à 5 ‰ abaissent nettement la tension superficielle de l'eau à 18° : produit I : 53 dyn/cm, produit II : 28 dyn/cm alors que le Tween 80 dans les mêmes conditions détermine une tension superficielle de 39 dyn/cm. L'amine secondaire mouille mal et disperse mal l'acide mycolique dans une phase aqueuse, alors que l'amine laurylée le disperse bien dans l'eau et mieux que ne le fait le Tween 80 (dispersion suivie par turbidimétrie à l'électrophotomètre).

Vis-à-vis de la culture de *Mycobacterium tuberculosis* virulent (souche Dupray S en milieu de Dubos-Tween 80, inoculum 0,1 mg B. K. p. b. h.) une réduction de la croissance microbienne de l'ordre de 50 % s'observe, par suite de l'addition de 0,0033 g de la *bis*-(dihydroxy-2.3 propoxy éthyl)-amine et une inhibition complète de la croissance apparaît avec l'amine laurylée à concentration moléculaire équivalente (soit par suite de l'addition de 0,0055 g).

Ces résultats permettent d'entrevoir la possibilité d'atteindre le B. K., et de traiter la maladie qu'il détermine, par toute molécule dont la structure répond aux conditions exigées et décrites.

A 16 h 15 mn l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 h 50 mn.

L. B.

